



TUGAS AKHIR - TE 141599

IDENTIFIKASI JENIS BATU MULIA BERDASARKAN SPEKTRUM WARNA MENGGUNAKAN NEURAL NETWORK

Ichsan Pratama Adi
NRP 2212100063

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
Ir. Tasripan, M.T.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - TE 141599

**IDENTIFIKASI JENIS BATU MULIA BERDASARKAN
SPEKTRUM WARNA MENGGUNAKAN NEURAL
NETWORK**

Ichsan Pratama Adi
NRP 2212100063

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
Ir. Tasripan, M.T.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....



FINAL PROJECT - TE 141599

GEMSTONE IDENTIFICATION BASED ON COLOR SPECTRUM USING NEURAL NETWORK

Ichsan Pratama Adi
NRP 2212100063

Supervisor
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
Ir. Tasripan, M.T.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Identifikasi Jenis Batu Mulia Berdasarkan Spektrum Warna menggunakan Neural Network” adalah benar-benar hasil karya intelektual sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya orang lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, 16 Januari 2017

Ichsan Pratama Adi
NRP.2212100063

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

**IDENTIFIKASI JENIS BATU MULIA BERDASARKAN
SPEKTRUM WARNA MENGGUNAKAN NEURAL NETWORK**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

Bidang Studi Elektronika

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

NIP. 196904261994031003

Dosen Pembimbing II



Ir. Tasripan, M.T.

NIP. 196204181990031004



**SURABAYA
JANUARI, 2017**

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

Identifikasi Jenis Batu Mulia Berdasarkan Spektrum Warna menggunakan Neural Network

Nama : Ichsan Pratama Adi
Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
Pembimbing II : Ir. Tasripan, M.T.

ABSTRAK

Banyaknya macam dan warna dari batu mulia membuatnya sulit untuk diidentifikasi jenisnya. Ada beberapa cara untuk mengidentifikasi jenis batu, salah satunya menggunakan Spektrometer Vis. Namun penggunaan spektrometer sebagai alat identifikasi masih banyak dengan cara manual. Dengan membuat kecerdasan buatan yang mampu mengidentifikasi jenis-jenis batu mulia maka akan mempermudah pekerjaan manusia untuk mengidentifikasinya.

Spektrometer Vis ini menggunakan kisi difraksi untuk mendispersikan cahaya sesuai panjang gelombangnya berupa spektrum warna. Gambar spektrum ini diambil menggunakan kamera untuk diubah ke bentuk digital. Gambar digital inilah yang dapat digunakan sebagai acuan identifikasi oleh kecerdasan buatan berupa Neural Network menggunakan Raspberry Pi. Pada awalnya beberapa contoh batu mulia akan dijadikan sampel untuk proses pembelajaran pada Neural Network. Kemudian selanjutnya batu yang akan dideteksi cukup ditempatkan di depan spektrometer untuk dapat diidentifikasi dan hasil akan ditampilkan pada layar Raspberry Pi berupa jenis batu mulianya.

Pada pengujian spektrometer warna sebuah objek yang dideteksi sangat berpengaruh terhadap hasil keluaran spektrum warna. Setelah diuji coba beberapa batu untuk diidentifikasi diperoleh hasil rata-rata keakuratan deteksi batu adalah 86%.

Kata kunci : Batu mulia, kisi difraksi, spektrum warna, kamera, *Raspberry Pi*.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

Gemstone Identification based on Color Spectrum using

Neural Network

Name : Ichsan Pratama Adi
1st Advisor : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
2nd Advisor : Ir. Tasripan, M.T.

ABSTRACT

Many kinds and colors of precious stones makes it difficult to identify its type. There are several ways to identify the type of stone, one of them using a visible spectrometer. However, the use of a spectrometer as an identification tool is still using the manual way. By creating an artificial intelligence that can identify the types of precious stones will make human work easier to identify them.

Visual spectrometer using a diffraction grating to disperse the light in the form of spectrum wavelength. This spectrum then captured with camera to be converted to digital form. The digital image can be used as a reference for identification of Neural Network artificial intelligence in Raspberry Pi. Some examples of precious stones used to be sampled for the learning process on Neural Network. Then the next stone that wanted to be identified fairly placed in front of the spectrometer and the results will be displayed on the screen in the form of gemstone types.

The color of an object affects the output color spectrum. And the entire process obtained an average yield of stone detection accuracy is 86%. This figure is sufficient if it is used as a reference in detecting the type of gemstones.

Keywords: Gemstones, diffraction grating, color spectrum, camera, Raspberry Pi.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, syukur yang tiada henti penulis panjatkan kehadiran Allah SWT serta tidak lupa shalawat serta salam semoga tetap tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sehingga penelitian dalam tugas akhir ini bisa berjalan lancar dan selesai tepat pada waktunya.

Selama pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, dan penulis sampaikan rasa terima kasih. Terima kasih yang sebesar-besarnya juga penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang mendukung dan membantu dalam tugas akhir ini, di antaranya :

1. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa, nasihat, motivasi, dukungan dan karena keberadaan merekalah penulis tetap semangat untuk menyelesaikan penelitian ini.
2. Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pertama, atas bimbingan, inspirasi, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
3. Ir. Tasripan, M.T. selaku dosen pembimbing kedua, atas bimbingan, inspirasi, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
4. Para dosen penguji, bapak Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc, bapak Astria Nur Irfansyah S.T., M.Eng., dan bapak Harris Pirngadi.
5. Rekan-rekan yang banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna dan masih banyak hal yang perlu diperbaiki. Saran, kritik dan masukan baik dari semua pihak sangat membantu penulis terutama untuk berbagai kemungkinan pengembangan lebih lanjut.

Surabaya, 16 Januari 2017

Ichsan Pratama Adi

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

TABLE OF CONTENTS

ABSTRAK.....	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCTION	xiv
TABLE OF CONTENT	xvi
LIST OF FIGURES.....	xviii
LIST OF TABLES	xx
CHAPTER I INTRODUCTION	1
1.1. Background.....	1
1.2. Problems.....	2
1.3. Objective.....	2
1.4. Limitations.....	2
1.5. Research Methodology	2
1.6. Writing Systematics	3
1.7. Relevance.....	4
CHAPTER II LITERATURE REVIEW.....	5
2.1 Gemstone	5
2.2 Light.....	8
2.3 Diffraction Grating.....	8
2.4 Spectrophotometer.....	9
2.5 Color Spectrum.....	14
2.6 Single Board Computer Raspberry Pi	15
2.7 OpenCV	17
2.7.1. Matplotlib	18
2.7.2. Accessing the pixel value on OpenCV.....	18
2.7.3. Template matching	19
2.8 Operatig System.....	20
2.9 Neural Network.....	20
2.9.1. Basic Concepts of Neural Network.....	21
2.9.2. Weight Factor.....	21
2.9.3. Function Activation	22
2.9.4. Backpropagation Neural Network Model.....	23
2.9.5.1. Forward Propagation.....	23
2.9.5.2. Back Propagation.....	24
2.9.5.3. Update Weight Value.....	25
2.10 Light-Emitting Diode.....	26
CHAPTER III DESIGN SYSTEM	29
3.1 System Block Diagram.....	29

3.2	<i>Hardware Design</i>	32
3.3	<i>Software Design</i>	36
3.3.1.	<i>Python on Raspberry Pi</i>	37
3.3.2.	<i>Image Capture</i>	37
3.3.3.	<i>Template Matching</i>	38
3.3.4.	<i>Cropping Image and Accessing Pixel Value</i>	38
3.4	<i>Neural Network</i>	39
3.4.1.	<i>Forward Propagation</i>	40
3.4.2.	<i>Back Propagation</i>	40
3.4.3.	<i>Update Weight Value</i>	41
3.5	<i>Calibration of the Spectrophotometer</i>	42
CHAPTER IV SYSTEM TESTING AND DATA ANALYSIS		45
4.1.	<i>Spectrophotometer based on Color Test</i>	45
4.2.	<i>Object Detection and Cutting using OpenCV Test</i>	45
4.3.	<i>Spectrum Wavelength Calibration Test</i>	48
4.4.	<i>Color Spectrum Graph</i>	50
4.5.	<i>Neural Network Learning</i>	51
4.6.	<i>Gemstone Detection</i>	54
4.7.	<i>Power Usage</i>	55
BAB V CONCLUSION AND SUGGESTION		57
5. 1.	<i>Conclusion</i>	57
5. 2.	<i>Suggestion</i>	57
BIBLIOGRAPHY		59
ATTACHMENT A: Learning Program on MATLAB		61
ATTACHMENT B: Forward Program on Python		65
AUTHOR BIOGRAPHY		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Variasi warna Ruby pada setiap tingkatan	5
Gambar 2. 2 Gelombang cahaya	8
Gambar 2. 3 Dasar prinsip kerja dari alat spektrofotometer	10
Gambar 2. 4 Spektrum cahaya tampak, dari panjang gelombang 380 sampai 750 nm.	14
Gambar 2. 5 Contoh spektrum warna dari setiap batu mulia yang berbeda	14
Gambar 2. 7 Single Board Computer berupa Raspberry Pi 2 B+ [10] ...	15
Gambar 2. 8 GPIO pada Raspberry Pi	17
Gambar 2. 9 Contoh grafik hasil keluaran dari matplotlib.....	18
Gambar 2. 10 Input dan output dari template matching	19
Gambar 2. 11 Neural network sederhana.....	21
Gambar 2. 12 Fungsi Sigmoid Biner	23
Gambar 2. 13 Bentuk fisik dari LED putih (kanan) dan spektrum warnanya (kiri)	27
 Gambar 3. 1 Alur program saat learning	30
Gambar 3. 2 Alur program pada Raspberry Pi.....	31
Gambar 3. 3 Rancangan bentuk perangkat keras secara 3 dimensi	32
Gambar 3. 4 Dimensi PiCamera	33
Gambar 3. 5 Pin modul kamera CSI	34
Gambar 3. 6 Instalasi kamera pada Raspberry Pi	35
Gambar 3. 7 Dimensi Raspberry Pi	35
Gambar 3. 8 Tampilan console pada RPi LCD 3.5 inch	36
Gambar 3. 9 Gambar template yang digeser pada gambar asalnya.....	38
Gambar 3. 10 Rancangan Jaringan saraf tiruan	39
Gambar 3. 11 Bentuk fisik laser Class III	42
 Gambar 4. 1 Gambar spektrum yang digunakan sebagai template	45
Gambar 4. 2 Perbandingan nilai piksel terhadap panjang gelombang ...	48
Gambar 4. 3 Grafik spektrum pada batu Amethyst	51
Gambar 4. 4 Grafik spektrum pada batu Akik - Ati ayam	52
Gambar 4. 5 Grafik spektrum pada batu Akik - Siwalan pecah seribu ..	52
Gambar 4. 6 Grafik spektrum pada batu Akik - Ijo lumut	52
Gambar 4. 7 Grafik spektrum pada batu Agate Chalcedony - Merah....	53

Gambar 4. 8 Grafik spektrum pada batu Agate Chalcedony - Madu Banyumili	53
Gambar 4. 9 Grafik spektrum pada batu Agate Chalcedony - Madu Banyumili	53
Gambar 4. 10 Grafik error output per iterasi	54

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Jenis-jenis utama Quartz.....	6
Tabel 2 Pengujian spektrofotometer terhadap warna dasar	46
Tabel 3 Uji pemotongan gambar secara otomatis	47
Tabel 4 Kalibrasi panjang gelombang dengan menggunakan laser	49
Tabel 5 Uji keluaran data spektrum berupa grafik.....	50
Tabel 6 Rasio ketepatan deteksi batu mulia.....	54
Tabel 7 Arus yang digunakan pada setiap komponen.....	55

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang masalah

Batu mulia, atau disebut juga dengan batu permata adalah sebuah kristal mineral yang dipotong dan dipoles, digunakan untuk membuat perhiasan atau hiasan lain. Ada banyak macam dari batu mulia ini yang setiap jenisnya memiliki nilai yang sangat berbeda. Di situs ensiklopedia bebas Wikipedia, disebutkan bahwa ada lebih dari 130 mineral yang digunakan sebagai permata, antara lain adalah *diamond, emerald, ruby, sapphire, amethyst, opal, jade, zircon*, dan masih banyak lagi. [1] Beraneka ragam jenis inilah yang terkadang tak dapat dibedakan dengan mata telanjang karena warnanya sangat mirip. Belum lagi jika ada kualitas yang beragam pada satu jenis batu, misalnya pada Ruby saja, terdapat masing-masing tingkatan yang tak dapat dibedakan hanya dengan melihatnya saja. Ada *grade B, A, AA, AAA*, hingga *grade GEM*. Untuk membedakannya harus menggunakan suatu alat khusus yang biasanya hanya dimiliki oleh orang yang memiliki sertifikat khusus dalam mengidentifikasi permata atau hanya di laboratorium khusus.

Ada beberapa cara untuk mengidentifikasi jenis-jenis batu mulia. Diantaranya dengan melihat kekerasannya dengan alat ukur yang satuan kerasnya adalah Skala Mohs. Ada juga dengan cara melihat fenomena optiknya, yaitu perubahan warna ketika diberikan sumber cahaya yang berbeda antara *natural light, incandescent light, dan fluorescent light*. Refractometer juga merupakan salah satu alat untuk mengidentifikasi batuan dengan melihat indeks pemantulannya. Ada juga yang menggunakan berdasarkan penyebaran panjang gelombang warna tampaknya berupa spektrum.

Sebuah peralatan dari *Gemological Institute of America (GIA)* berupa spektroskop portabel dikatakan sudah cukup untuk mengidentifikasi jenis batu mulia tanpa menggunakan alat deteksi lain [2]. Untuk itu disini penulis menggunakan hanya spektroskop untuk mendeteksi jenis-jenis batu mulia.

Penelitian tugas akhir ini dirancang untuk mengembangkan suatu sistem yang memanfaatkan perkembangan teknologi. Perkembangan teknologi yang semakin maju membuat segala pekerjaan lebih mudah.

Untuk itu proses identifikasi pun dapat dibuat menjadi lebih mudah dengan teknologi. Dengan perkembangan *Raspberry Pi* dan kecerdasan buatan Neural Network diharapkan akan memudahkan dan mempercepat proses identifikasi batu mulia.

1.2. Rumusan Permasalahan

Permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara melihat spektrum warna pada batu mulia?
2. Bagaimana kecerdasan buatan dapat membedakan spektrum warna antara satu batu mulia dengan batu mulia yang lain?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengambil spektrum warna menggunakan spektrofotometer.
2. Implementasi jaringan saraf tiruan untuk membedakan spektrum warna antara satu batu mulia dengan batu mulia yang lain.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Hanya identifikasi spektrum warna pada setiap permata.
2. Menggunakan 7 jenis permata yang sudah ditentukan.

1.5. Metodologi Penelitian

Dalam penyelesaian tugas akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut:

1. Studi literatur
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang dalam penulisan tugas akhir. Berikut studi literatur yang dilakukan:
 - a. Studi tentang jenis-jenis batu mulia dan cara identifikasinya.
 - b. Studi mengenai pembacaan gambar secara digital.
 - c. Studi tentang cara menggunakan *Raspberry Pi* sebagai sistem utama.
 - d. Studi penggunaan kamera pada *Raspberry Pi*.
 - e. Studi software OpenCV dan pengimplementasiannya di bahasa pemrograman Python.

2. Perancangan sistem
Setelah mempelajari literatur yang ada, selanjutnya akan dilakukan perancangan sistem. Sistem yang dirancang meliputi perancangan perangkat keras berupa Raspberry Pi, kamera, dan spektrofotometer, dan perangkat lunak berupa program.
3. Pengujian sistem
Pengujian dilakukan pada perangkat keras yang telah dibuat untuk menguji tingkat pembacaan spektrum warna menggunakan kamera pada Raspberry Pi. Kemudian akan dilakukan evaluasi dan perbaikan terhadap sistem yang telah dibuat.
4. Pengolahan data
Data yang diperoleh dari kamera kemudian diolah oleh Raspberry Pi, dalam hal ini berupa matriks. Setelah itu, dengan menggunakan beberapa sampel informasi tersebut maka dilakukan beberapa metode identifikasi untuk dapat mengidentifikasi karakter dari batu yang diujikan.
5. Penulisan laporan Tugas Akhir
Tahap penulisan laporan Tugas Akhir dilakukan pada saat tahap pengujian sistem dimulai serta setelahnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- Bab 1 : Pendahuluan
Bab ini meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.
- Bab 2 : Dasar Teori
Bab ini menjelaskan tentang dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini, yang meliputi teori dasar tentang jenis batu mulia, kamera, *Single Board Computer*, dan sistem *neural network*.
- Bab 3: Perancangan Alat
Bab ini menjelaskan tentang perencanaan sistem baik perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) untuk pengidentifikasian spektrum uji.
- Bab 4 : Pengujian Alat

Bab ini menjelaskan tentang hasil yang didapat dari tiap blok sistem dan sub sistem serta hasil evaluasi sistem tersebut.

- Bab 5 : Penutup

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan meliputi kekurangan-kekurangan pada kerja alat dari hasil analisa serta saran untuk pengembangan ke depan.

1.7. Relevansi

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat mendukung penelitian khususnya pada bidang studi elektronika tentang penggunaan kamera untuk aplikasi pengukuran dan penelitian selanjutnya.
2. Dihasilkan alat pengidentifikasi jenis-jenis batu mulia yang ke depannya dapat diaplikasikan langsung ke dalam masyarakat luas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batu Permata

Batu permata adalah sebuah mineral, batu yang dibentuk dari hasil proses geologi yang unturnya terdiri atas satu atau beberapa komponen kimia yang mempunyai harga jual tinggi, dan diminati oleh para kolektor. Batu permata harus melewati tahap memoles sebelum dijadikan perhiasan. Pada gambar 2.1 merupakan salah satu contoh dari batu mulia.

Di dunia ini tidak semua tempat menghasilkan batu permata. Sebuah batu disebut permata apabila memenuhi beberapa syarat . Antara lain memiliki ketahanan , keindahan , dan kelangkaan . Di Indonesia ada banyak daerah yang menghasilkan ragam batu permata populer . Ragam jenis batu permata populer yang berasal dari daerah-daerah Indonesia antara lain di provinsi Aceh dan Padang yang terkenal dengan jenis batu Idocrase Banten ada batu Kalimaya, di Lampung dengan batu jenis-jenis anggur yang menawan dan jenis cempaka, di Pulau Kalimantan dengan Kecubungnya (*Amethyst*), dan Intan (berlian). Batu permata mempunyai nama dari mulai huruf a sampai huruf z yang diklasifikasikan menurut kekerasannya yang dikenal dengan Skala Mohs dari 1 sampai 10. Permata yang paling diminati di dunia adalah yang berkrystal yang selain jenis batu mulia seperti Berlian, Zamrud, Ruby dan Safir, batu-batu akik jenis anggur seperti Biru Langit, bungur atau kecubung yang berasal dari Tanjung Bintang,



Gambar 2. 1 Variasi warna Ruby pada setiap tingkatan

Lampung saat ini banyak di buru oleh para kolektor karena kualitas kristalnya. [4]

2.1.1. Quartz

Tabel 1 Jenis-jenis utama Quartz

Varietas utama kuarsa		
Tipe	Warna & Deskripsi	Transparansi
Batu kristal	Tanpa warna.	Jernih
Kecubung	Ungu.	Transparan
Rose Quartz	Merah muda, mungkin menampilkan diasterisme.	Transparan
Chalcedony	Kuarsa Cryptocrystalline dan campuran moganite. Istilah ini umumnya digunakan hanya untuk material berwarna putih atau warna ringan.	
Carnelian	Chalcedony oranye kemerahan	Tembus cahaya
Aventurine	Chalcedony dengan inklusi kecil yang berkilau.	Tembus cahaya
Agate	Batu banyak warna, terikat dengan Chalcedony.	Semi transparan ke tembus cahaya
Onyx	Agate yang terikat lurus, paralel, dan konsisten dalam ukurannya.	
Jasper	Cryptocrystalline quartz, biasanya merah kecoklatan.	Buram
Milky Quartz	Putih, kemungkinan muncul diasterism.	Tembus agak buram
Smoky Quartz	Coklat keabu-abuan.	Buram
Tiger's eye	Quartz berwarna emas berserat mendekati merah-coklat, menampilkan efek mata kucing.	
Citrine	Kuning kemerahan mendekati coklat, kuning kehijauan.	Transparan
Vermarine	Hijau mint.	Transparan
Rutilated Quartz	Merisi acicular (seperti jarum) inklusi dari rutil.	
Dumortierite Quartz	Mengandung sejumlah besar dumortierite crystal.	

Quartz atau kuarsa adalah mineral paling banyak kedua yang ditemukan di kerak bumi setelah feldspar. Struktur kristalnya adalah kerangka kontinu dari SiO_4 , dengan setiap oksigennya terbagi antara dua tetrahedron, membuat seluruh rumus kimianya menjadi SiO_2 . Ada banyak variasi yang berbeda dari kuarsa, beberapa di antaranya adalah jenis *semi-precious gemstone* [5]. Berbagai varietas utama batu Quartz dan karakteristiknya disebutkan pada tabel 1.

2.1.2. Batu Akik

Batu akik artinya Kuarsa, akan tetapi biasanya menunjukkan ke Kuarsa varian *Chalcedony*. Batu ini dianggap batu permata *semi-precious* dan memiliki makna pada wilayah islami. Tipe *Chalcedony* yang diketahui adalah *Carnelian*, *Agate* dan *Onyx*.

Batu akik harus ditumbuk menjadi suatu bentuk dan dipoles sampai bersinar. Batu permata yang sudah dipoles akan dipasang di cincin berdasarkan ukuran batunya yang sudah selesai dipoles. Pria maupun wanita akan menggunakannya sebagai perhiasan. [5]

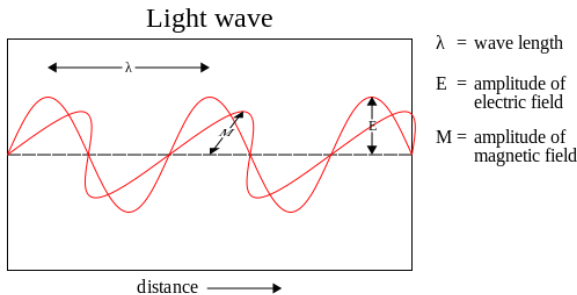
2.1.3. Carnelian

Carnelian (juga disebut *cornelian*) adalah mineral berwarna coklat kemerahan yang sering digunakan sebagai batu permata *semi-precious*. Batu jenis *Carnelian* ini disebut sebagai batu akik jenis Sulaiman Madu oleh penduduk lokal. Sebagian penduduk dan pencinta batu akik mengatakan bahwa batu akik Sulaiman berasal dari sebuah sungai di daerah Sumatera. Ada juga yang mengatakan batu ini berasal dari suatu daerah di Bengkulu, bahkan ada juga yang mengatakan batu ini dapat ditemukan di daerah mana saja di seluruh Indonesia. [6]

2.1.4. Amethyst

Amethyst adalah jenis batuan Kuarsa yang umumnya berwarna ungu. Batu ini juga disebut sebagai batu kecubung oleh masyarakat lokal. Menurut seorang pencinta batu akik, batu kecubung ini adalah salah satu batu mulia yang dapat dicari di Indonesia, lebih tepatnya di pulau Kalimantan. Beliau juga mengatakan ada jenis batu Kecubung yang berwarna putih. Ciri dari batu Kecubung Putih adalah warnanya yang transparan dan memiliki garis tekstur seperti pecahan ditengah-tengahnya. Tingkat kekerasan batu kecubung yang mencapai 7 skala Mohs menjadikannya cukup keras dan tahan lama jika digunakan sebagai perhiasan yang dipakai sehari-hari.

2.2 Cahaya



Gambar 2. 2 Gelombang cahaya

Cahaya adalah energi berbentuk gelombang elektromagnetik yang kasat mata dengan panjang gelombang sekitar 380–750 nm [7]. Pada bidang fisika, cahaya adalah radiasi elektromagnetik, baik dengan panjang gelombang kasat mata maupun yang tidak. Selain itu, cahaya adalah paket partikel yang disebut foton. Kedua definisi tersebut merupakan sifat yang ditunjukkan cahaya secara bersamaan sehingga disebut "dualisme gelombang-partikel". Paket cahaya yang disebut spektrum kemudian dipersepsikan secara visual oleh indra penglihatan sebagai warna. Bidang studi cahaya dikenal dengan sebutan optika, merupakan area riset yang penting pada fisika modern.

Gelombang elektromagnetik dapat digambarkan sebagai dua buah gelombang yang merambat secara transversal pada dua bidang tegak lurus yaitu medan magnetik dan medan listrik. Merambatnya gelombang magnet akan mendorong gelombang listrik, dan sebaliknya, saat merambat, gelombang listrik akan mendorong gelombang magnet. Gambar 2.2 menunjukkan gelombang cahaya yang merambat dari kiri ke kanan dengan medan listrik pada bidang vertikal dan medan magnet pada bidang horizontal.

2.3 Kisi Difraksi

Sejumlah besar celah paralel yang berjarak sama disebut kisi difraksi. Kisi dapat dibuat dengan mesin presisi berupa garis-garis

paralel yang sangat halus dan teliti di atas pelat kaca. Jarak yang tidak tergores di antara garis-garis tersebut berfungsi sebagai celah. Kisi difraksi yang berisi celah-celah disebut juga dengan kisi transmisi. [8]

Kisi difraksi terdiri atas sebaris celah sempit yang saling berdekatan dalam jumlah banyak. Jika seberkas sinar dilewatkan kisi difraksi akan terdifraksi dan dapat menghasilkan suatu pola difraksi di layar. Jarak antara celah yang berurutan (d) disebut tetapan kisi. Jika jumlah celah atau goresan tiap satuan panjang (cm) dinyatakan dengan N , maka :

$$d = \frac{1}{N} \dots\dots\dots (2.1)$$

Jika d adalah jarak antara celah, maka selisih l adalah perkalian jarak lebar antara celah dengan $\sin \theta = \frac{mD}{\lambda}$ adalah kriteria untuk mendapatkan maksimum terang di mana $m = 0, 1, 2$, dan seterusnya. Persamaan ini sama dengan situasi persamaan ganda, dan kembali m disebut orde dari pola tersebut.

Cahaya yang keluar dari dua celah kisi yang berurutan memenuhi persamaan: $m \lambda = d \sin \theta$ atau $d \cdot \frac{Y}{L} = m \lambda$.

Di mana: m = orde pola difraksi (0, 1, 2, ...)

d = jarak antara dua garis kisi (konstanta kisi)

λ = panjang gelombang cahaya yang digunakan

θ = sudut lenturan (difraksi)

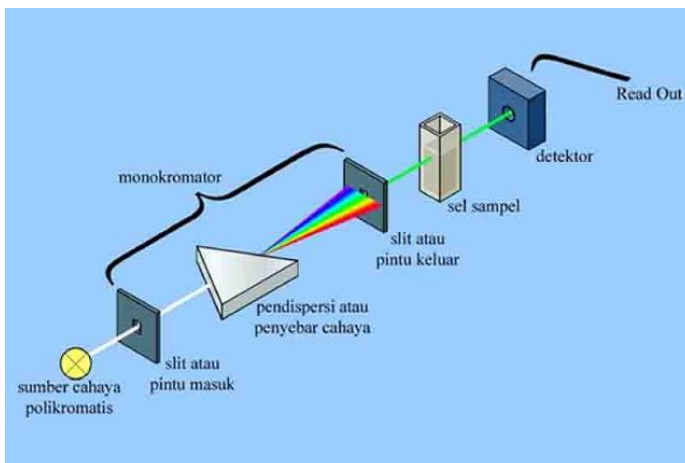
Y = jarak terang pusat dengan orde ke- n

2.4 Spektrofotometer

Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur sifat-sifat cahaya melalui porsi spesifik pada spektrum elektromagnetik, biasanya digunakan pada analisa spektroskopik untuk identifikasi material. Variabel yang diukur lebih dikhususkan gelombang elektromagnetik pada cahaya terlihat, mendekati ultraviolet, dan mendekati inframerah. Spektrofotometer mampu membaca/mengukur kepekatan warna dari sampel tertentu dengan panjang gelombang tertentu pula. Alat ini digunakan untuk mengukur konsentrasi beberapa molekul seperti DNA/RNA (*UV light*, 260 nm), protein (UV, 280 nm), kultur sel bakteri, ragi/*yeast* (*Visible light*, 600 nm), dan lain-lain. Sinar UV digunakan untuk mengukur bahan (larutan) yang terbaca dengan panjang gelombang

di bawah 400 nanometer (nm). Sedangkan cahaya tampak bisa digunakan untuk mengukur bahan dengan panjang gelombang 400-700 nm. Penyerapan sinar UV dan sinar tampak oleh molekul, melalui 3 proses yaitu penyerapan oleh transisi elektron ikatan dan elektron anti ikatan, penyerapan oleh transisi elektron d dan f dari molekul kompleks, dan penyerapan oleh perpindahan muatan.

Spektrofotometer dibagi menjadi dua jenis yaitu spektrofotometer *single beam* dan spektrofotometer *double-beam*. Perbedaan kedua jenis spektrofotometer ini hanya pada pemberian cahaya, dimana pada *single-beam*, cahaya hanya melewati satu arah sehingga nilai yang diperoleh hanya nilai absorbansi dari larutan yang dimasukkan. Berbeda dengan *single-beam*, pada spektrofotometer *double-beam*, nilai *blanko* (disebut juga reference beam) dapat langsung diukur bersamaan dengan larutan yang diinginkan dalam satu kali proses yang sama. Suatu spektrofotometer tersusun dari sumber spektrum tampak yang kontinu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau *blanko* dan suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan *blanko* ataupun pembandingan. Berikut alur prinsip kerja dari suatu spektrofotometer pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Dasar prinsip kerja dari alat spektrofotometer

Spektrofotometri terdiri dari beberapa jenis berdasar sumber cahaya yang digunakan. Diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Spektrofotometri *Visible* (Spektro Vis)

Pada spektrofotometri ini yang digunakan sebagai sumber sinar/energi adalah cahaya tampak (*visible*). Cahaya tampak termasuk spektrum elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh mata manusia. Panjang gelombang sinar tampak adalah 380 sampai 750 nm. Sehingga semua sinar yang dapat dilihat oleh kita, entah itu putih, merah, biru, hijau, apapun.. selama ia dapat dilihat oleh mata, maka sinar tersebut termasuk ke dalam sinar tampak (*visible*).

Sumber sinar tampak yang umumnya dipakai pada spektro *visible* adalah lampu Tungsten. Tungsten yang dikenal juga dengan nama Wolfram merupakan unsur kimia dengan simbol W dan no atom 74. Tungsten mempunyai titik didih yang tertinggi (3422 °C) dibanding logam lainnya. karena sifat inilah maka ia digunakan sebagai sumber lampu.

Sample yang dapat dianalisa dengan metode ini hanya sample yang memiliki warna. Hal ini menjadi kelemahan tersendiri dari metode spektrofotometri *visible*.

Oleh karena itu, untuk sample yang tidak memiliki warna harus terlebih dulu dibuat berwarna dengan menggunakan reagen spesifik yang akan menghasilkan senyawa berwarna. Reagen yang digunakan harus betul-betul spesifik hanya bereaksi dengan analat yang akan di analisa. Selain itu juga produk senyawa berwarna yang dihasilkan harus benar-benar stabil.

Salah satu contohnya adalah pada analisa kadar protein terlarut (*soluble protein*). Protein terlarut dalam larutan tidak memiliki warna. Oleh karena itu, larutan ini harus dibuat berwarna agar dapat di analisa. Reagen yang biasa digunakan adalah reagen Folin.

Saat protein terlarut direaksikan dengan Folin dalam suasana sedikit basa, ikatan peptida pada protein akan membentuk senyawa kompleks yang berwarna biru yang dapat dideteksi pada panjang gelombang sekitar 578 nm. Semakin tinggi intensitas warna biru menandakan banyaknya senyawa kompleks yang terbentuk yang berarti semakin besar konsentrasi protein terlarut dalam sampel.

2. Spektrofotometri UV (ultraviolet)

Berbeda dengan spektrofotometri *visible*, pada spektrofotometri UV berdasarkan interaksi sampel dengan sinar UV. Sinar UV memiliki panjang gelombang 190-380 nm. Sebagai sumber sinar dapat digunakan lampu deuterium.

Deuterium disebut juga *heavy hidrogen*. Dia merupakan isotop hidrogen yang stabil yang terdapat berlimpah di laut dan daratan. Inti atom deuterium mempunyai satu proton dan satu neutron, sementara hidrogen hanya memiliki satu proton dan tidak memiliki neutron. Nama deuterium diambil dari bahasa Yunani, *deuteros*, yang berarti 'dua', mengacu pada intinya yang memiliki dua partikel.

Karena sinar UV tidak dapat dideteksi oleh mata kita, maka senyawa yang dapat menyerap sinar ini terkadang merupakan senyawa yang tidak memiliki warna. Bening dan transparan.

Oleh karena itu, sampel tidak berwarna tidak perlu dibuat berwarna dengan penambahan reagen tertentu. Bahkan sampel dapat langsung dianalisa meskipun tanpa preparasi. Namun perlu diingat, sampel keruh tetap harus dibuat jernih dengan filtrasi atau *centrifugasi*. Prinsip dasar pada spektrofotometri adalah sample harus jernih dan larut sempurna. Tidak ada partikel koloid apalagi suspensi.

Sebagai contoh pada analisa protein terlarut (soluble protein). Jika menggunakan spektrofotometri *visible*, sampel terlebih dulu dibuat berwarna dengan reagent Folin, maka bila menggunakan spektrofotometri UV, sampel dapat langsung dianalisa.

Ikatan peptide pada protein terlarut akan menyerap sinar UV pada panjang gelombang sekitar 280 nm. Sehingga semakin banyak sinar yang diserap sampel (Absorbansi tinggi), maka konsentrasi protein terlarut semakin besar.

Spektrofotometri UV memang lebih simpel dan mudah dibanding spektrofotometri *visible*, terutama pada bagian preparasi sampel. Namun harus hati-hati juga, karena banyak kemungkinan terjadi interferensi dari senyawa lain selain analat yang juga menyerap pada panjang gelombang UV. Hal ini berpotensi menimbulkan bias pada hasil analisa.

3. Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri ini merupakan gabungan antara spektrofotometri UV dan Visibel. Menggunakan dua buah sumber cahaya berbeda, sumber cahaya UV dan sumber cahaya visibel. Meskipun untuk alat yang lebih canggih sudah menggunakan hanya satu sumber sinar sebagai sumber UV dan Vis, yaitu fotodiode yang dilengkapi dengan monokromator.

Untuk sistem spektrofotometri, UV-Vis paling banyak tersedia dan paling populer digunakan. Kemudahan metode ini adalah dapat digunakan baik untuk sampel berwarna juga untuk sampel tak berwarna.

4. Spektrofotometri IR (Infra Red)

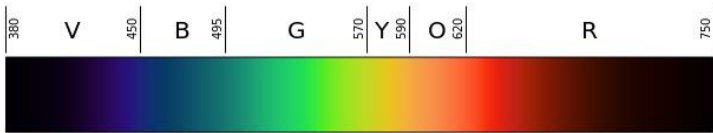
Dari namanya sudah bisa dimengerti bahwa spektrofotometri ini berdasar pada penyerapan panjang gelombang infra merah. Cahaya infra merah terbagi menjadi infra merah dekat, pertengahan, dan jauh. Infra merah pada spektrofotometri adalah infra merah jauh dan pertengahan yang mempunyai panjang gelombang 2.5-1000 μm .

Pada spektro IR meskipun bisa digunakan untuk analisa kuantitatif, namun biasanya lebih kepada analisa kualitatif. Umumnya spektro IR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada suatu senyawa, terutama senyawa organik. Setiap serapan pada panjang gelombang tertentu menggambarkan adanya suatu gugus fungsi spesifik.

Hasil analisa biasanya berupa signal kromatogram hubungan intensitas IR terhadap panjang gelombang. Untuk identifikasi, signal sample akan dibandingkan dengan signal standard. Perlu juga diketahui bahwa sample untuk metode ini harus dalam bentuk murni. Karena bila tidak, gangguan dari gugus fungsi kontaminan akan mengganggu signal kurva yang diperoleh.

Terdapat juga satu jenis spektrofotometri IR lainnya yang berdasar pada penyerapan sinar IR pendek. Spektrofotometri ini di sebut Near Infrared Spectropgotometry (NIR). Aplikasi NIR banyak digunakan pada industri pakan dan pangan guna analisa bahan baku yang bersifat rutin dan cepat [9].

2.5 Spektrum Warna



Gambar 2. 4 Spektrum cahaya tampak, dari panjang gelombang 380 nm sampai 750 nm.

Cahaya putih terdiri dari semua warna tampak. Spektrum warnanya, ketika terdispersi melewati sebuah prisma, terlihat seperti pelangi. Sebuah spektrofotometer mendispersikan warna putih dan juga mengindikasikan panjang gelombang setiap warna, biasanya dalam satuan nanometer.

Warna memperlihatkan secara jelas kualitas sebuah permata tetapi warna hanya memberitahu sedikit tentang permata. Dengan menggunakan spektrofotometer untuk menunjukkan spektrum warna yang diserap batu mulia, dapat dicocokkan dengan pola yang



Gambar 2. 5 Contoh spektrum warna dari setiap batu mulia yang berbeda [17]

sudah ada. Beberapa contoh pola spektrum warna yang sudah diserap batu mulia ditampilkan pada gambar 2.5

2.6 Single Board Computer Raspberry Pi

Single Board Computer (SBC) adalah sebuah komputer lengkap dibangun di atas sebuah papan sirkuit tunggal, dengan mikroprosesor, memori, input / output (I/O) dan fitur lain yang dibutuhkan dari sebuah komputer fungsional. SBC didasarkan pada hampir semua mikroprosesor yang tersedia, dan dapat dibangun dari logika diskrit atau *programmable logic*. Desain sederhana, seperti dibangun oleh penggemar komputer, sering menggunakan RAM statis dengan 8 atau 16 bit prosesor.

Berbeda dengan desktop dan komputer pribadi, *Single Board Computer* tidak bergantung pada *slot* ekspansi untuk fungsi perifer atau ekspansi dan sebagai pengganti telah disediakan *pin* GPIO (*General-purpose input/output*) seperti yang terlihat pada gambar 2.6.

Raspberry Pi adalah komputer mini dengan ukuran sebesar kartu kredit yang dikembangkan di Kerajaan Inggris oleh *Raspberry Pi Foundation*, yang digawangi sejumlah pengembang dan ahli komputer dari Universitas Cambridge, Inggris. *Raspberry Pi* dapat digunakan untuk menjalankan program, melihat gambar, memutar video dan musik, hingga menjalankan sebuah permainan komputer.



Gambar 2. 6 Single Board Computer berupa Raspberry Pi 2 B+ [10]

Semua model Raspberry Pi memiliki *System on Chip* (SoC), yang mencakup *Central Processing Unit* (CPU) berbasis ARM dan pada *Graphic Processing Unit* (GPU, sebuah VideoCore IV). Kecepatan CPU-nya berkisar antara 700 MHz hingga 1,2 GHz, serta memori RAM 256 MB hingga 1 GB yang bergantung pada versinya. Kartu memori mikro Secure Digital (SD) digunakan untuk menyimpan sistem operasi dan untuk media penyimpanan jangka panjang. Untuk koneksi *input-output* disediakan slot USB, HDMI, *Ethernet*, dan 3,5mm *jack* audio. Sedangkan untuk tingkat *output* yang lebih rendah disediakan sejumlah *pin* GPIO yang mendukung protokol seperti I²C.

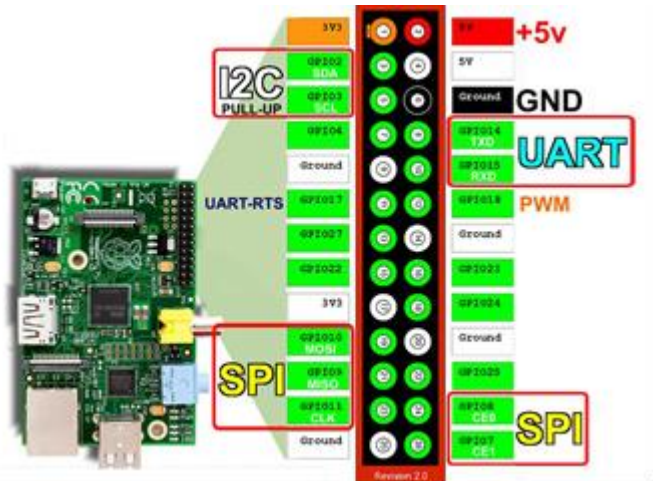
General Purpose Input/Output (biasa disebut GPIO) adalah suatu modul pin pada sirkuit terpadu (*chip*) yang perilakunya (termasuk suatu pin tersebut ialah *input* atau *output*) dapat di kontrol (diprogram) melalui *software*.

Pin GPIO tidak ditetapkan untuk tujuan khusus dan secara default tidak digunakan. Ide dibalik GPIO adalah untuk memenuhi sistem *integrator* dalam memperluas dan membangun sistem lengkap yang membutuhkan pin tambahan dari chip berupa sinyal kontrol ataupun data. Adanya konektor (pin) yang tersedia dari chip dapat menghemat kerumitan saat mengatur sirkuit tambahan.

Pada Raspberry Pi memiliki periperal dan board ekspansi agar input dan output dapat diakses oleh CPU. Raspberry model A dan B memiliki 26 ekspansi pin. Pin tersebut tersusun atas 2x13 baris pin, diantaranya 8 pin GPIO ditambah pin untuk mengakses I²C, SPI, UART, Catu daya (3,3V dan 5V), dan GND. Pin satu ialah pin yang terletak di kolom pertama di baris bawah. sedangkan Raspberry Pi model A+ dan B+ memiliki 40 pin header. Pin tersebut tersusun atas 2x20 pin. 26 pin pertama sama dengan pin Raspberry Pi model A dan B, sedangkan sisanya 14 pin ialah tambahan GPIO, GND, dan fitur EEPROM ID untuk auto-configuration. [10]

Maksimum arus yang diijinkan untuk ditarik pin 3.3V ialah 50mA. Sedangkan maksimum arus yang diijinkan untuk ditarik dari pin 5V ialah arus maksimal USB input (biasanya 1A dikurangi arus yang ditarik oleh raspberry itu sendiri).

- Model A: 1000mA - 500mA -> arus maksimal: 500mA
- Model B: 1000mA - 700mA -> arus maksimal: 300mA



Gambar 2. 7 GPIO pada Raspberry Pi

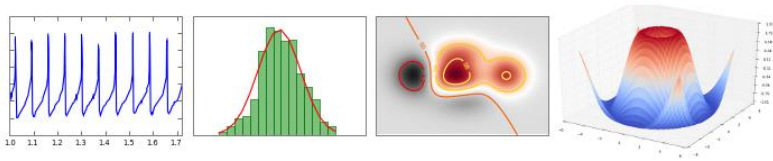
Hati-hati dengan pin 5V P1-02 dan P1-04, karena jika 5V di hubung singkatkan dengan pin P1 yang lain maka Raspberry akan rusak permanen.

2.7 OpenCV

OpenCV adalah sebuah library perangkat lunak yang fungsinya untuk pengolahan citra dinamis secara real-time. Program ini dapat dipakai secara bebas dan berada dalam naungan sumber terbuka (Open Source) dari lisensi BSD. Library ini merupakan library lintas platform, yang mana dapat digunakan di berbagai platform seperti Windows, Linux, Mac OS, BSD dan lain sebagainya.

OpenCV ditulis menggunakan bahasa C++, dan antarmuka utamanya adalah C++, tapi masih kurang komprehensif jika dibandingkan dengan bahasa C yang lama. Selain itu dapat juga digunakan pada Python, Jawa, dan MATLAB/OCTAVE. Untuk tambahan dalam bahasa lain seperti C#, Perl, Ch, Haskell dan Ruby juga sudah dikembangkan untuk mendorong pengguna yang lebih besar lagi.

2.7.1. Matplotlib



Gambar 2. 8 Contoh grafik hasil keluaran dari matplotlib

Matplotlib adalah *library* Python untuk membuat grafik 2 dimensi dimana dapat memproduksi publikasi grafik berkualitas dalam berbagai format *hardcopy* dan lingkungan interaktif di seluruh platform. Matplotlib dapat digunakan dalam skrip Python, The Python, dan ipython shell (sejenis MATLAB atau Mathematica), aplikasi web server, dan 6 tool GUI.

Ada berbagai cara untuk memasang matplotlib, dan cara terbaiknya bergantung dengan sistem operasi apa yang digunakan, yang sudah dimiliki, yang sudah diinstall, dan bagaimana cara menggunakannya. Dalam kasus python pada *Raspberry Pi*, maka digunakan cara memasang dengan linux Debian/Ubuntu. Ketik perintah berikut pada terminal:

```
sudo apt-get install python-matplotlib
```

Disini *library* matplotlib fungsinya untuk membantu menampilkan bentuk grafik agar lebih mudah saat menganalisis bentuk-bentuk spektrum.

2.7.2. Akses nilai piksel pada OpenCV

Gambar digital adalah representasi dari (normalnya biner) gambar dua dimensi. Bergantung dengan resolusi gambar tetapnya, bisa jadi dalam bentuk vektor ataupun raster. Sedangkan istilah gambar digital biasanya mengarah ke gambar raster atau gambar *bitmap*.

Gambar raster memiliki nilai set digital yang terbatas, dinamakan *picture elements* atau disebut juga *pixel*. Sebuah gambar digital memiliki sejumlah nomor *pixel* berupa baris dan kolom. Nilai pixel yang berupa baris dan kolom inilah yang dimiripkan dengan sistem matriks pada matematika. Pada suatu titik matriks atau *pixel* terdapat berbagai nilai yang membentuk

warna dari titik tersebut. Pada gambar dengan jumlah warna 65536, di setiap *pixel*nya terdapat nilai warna berupa [B G R]. Setiap satu warna memiliki nilai dari 0 hingga 255, dimana nilai 0 adalah berupa hitam, kemudian 255 adalah penuh dengan warna tersebut. Misalnya jika B=0 G=0 R=255, maka satu pixel tersebut berwarna merah pekat.

2.7.3. Template matching

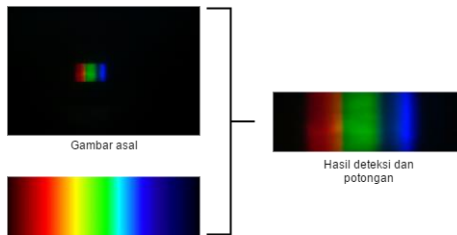
Template matching adalah salah satu fitur untuk memperkirakan posisi *template* gambar pada suatu gambar yang lain. pada gambar Ada dua komponen inti yang diperlukan, yaitu gambar asal, dan gambar *template*. Gambar *template* inilah yang nantinya akan dicari lokasinya yang paling tepat di gambar asal.

Untuk mengidentifikasi area yang cocok, maka gambar yang digunakan dibandingkan dengan gambar asalnya dengan menggesernya dari pojok.

Dengan menggeser gambar, maka artinya menggerakkan gambar satu *pixel* pada suatu waktu (kiri ke kanan, atas ke bawah). Pada setiap lokasi matriks tersebut dihitung perbedaannya. Ketika semua sudah terdeteksi maka dihitung perbedaan terkecil *template* dengan gambar asal. Lokasi titik dengan nilai terkecil itulah tempatnya.

Ada 6 metode yang dapat digunakan di OpenCV. Salah satunya adalah metode CV_TM_SQDIFF. Pencarian lokasi nilainya berupa rumus:

$$R_{(x,y)} = \sum_{x',y'} (T(x',y') - I(x + x',y + y'))^2$$



Gambar 2. 9 Input dan output dari template matching

R, T, dan I secara berurutan adalah lokasi titik, gambar *template*, dan gambar asal. Nilai x dan y adalah letak lokasi titik matriks secara vertikal dan horizontal. [14]

2.8 Sistem Operasi

Sistem operasi adalah seperangkat program yang mengelola sumber daya perangkat keras komputer atau *hardware*, dan menyediakan layanan umum untuk aplikasi perangkat lunak. Sistem operasi adalah jenis yang paling penting dari perangkat lunak sistem dalam sistem komputer. Tanpa sistem operasi, pengguna tidak dapat menjalankan program aplikasi pada komputer mereka, kecuali program aplikasi *booting*.

Sistem operasi mempunyai penjadwalan yang sistematis mencakup perhitungan penggunaan memori, pemrosesan data, penyimpanan data, dan sumber daya lainnya.

Untuk fungsi-fungsi perangkat keras seperti sebagai masukan dan keluaran dan alokasi memori, sistem operasi bertindak sebagai perantara antara program aplikasi dan perangkat keras komputer, meskipun kode aplikasi biasanya dieksekusi langsung oleh perangkat keras dan sering kali akan menghubungi OS atau terputus oleh itu. Sistem operasi yang ditemukan pada hampir semua perangkat yang berisi komputer dari ponsel dan konsol permainan video untuk superkomputer dan server web.

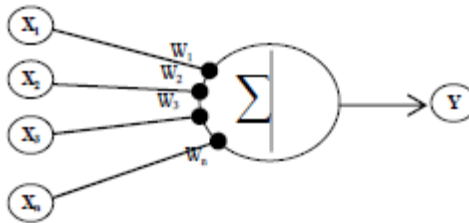
Raspbian adalah sistem operasi bebas berbasis Debian GNU / Linux dan dioptimalkan untuk perangkat keras Raspberry Pi (arsitektur prosesor ARM HF). Raspbian dilengkapi dengan lebih dari 35.000 paket, atau perangkat lunak pre-compiled paket dalam format yang bagus untuk kemudahan instalasi pada Raspberry Pi. Awal di rilis sejak Juni 2012, menjadi distribusi yang terus dikembangkan dengan penekanan pada peningkatan stabilitas dan kinerja sebanyak mungkin. .

Meskipun Debian menghasilkan distribusi untuk arsitektur lengan, Raspbian hanya kompatibel dengan versi yang lebih baru dari yang digunakan pada Raspberry Pi (ARMv7 CPU-A dan vs Raspberry Pi ARMv6 CPU yang lebih tinggi).

2.9 Neural Network

Neural network merupakan salah satu komponen penting dalam *artificial intelligence* (AI). Hal ini telah bertahun-tahun dipelajari dengan harapan mencapai seperti kinerja manusia di berbagai bidang.

Menurut Kevin Gurney, sebuah *neural network* adalah pertemuan saling berhubungan dari elemen pemrosesan sederhana, unit atau *node*, yang fungsi secara bebas didasarkan pada neuron hewan. Itu pengolahan kemampuan jaringan disimpan dalam antar-satuan kekuatan sambungan, atau bobot, diperoleh dengan proses adaptasi, atau belajar dari, satu set pelatihan pola. [11]



Gambar 2. 10 Neural network sederhana

2.9.1. Konsep Dasar Neural Network

Neural network terdiri dari beberapa neuron dan ada hubungan antar neuron-neuron seperti pada otak manusia. Neuron/sel saraf adalah sebuah unit pemroses informasi yang merupakan dasar operasi *neural network*.

Neural network terdiri atas beberapa elemen penghitung tak linier yang masing-masing dihubungkan melalui suatu pembobot dan tersusun secara paralel. Pembobot inilah yang nantinya akan berubah (beradaptasi) selama proses pelatihan.

Pelatihan perlu dilakukan pada suatu *neural network* sebelum digunakan untuk menyelesaikan masalah. Hasil pelatihan *neural network* dapat diperoleh tanggapan yang benar (yang diinginkan) terhadap masukan yang diberikan. *Neural network* dapat memberikan tanggapan yang benar walaupun masukan yang diberikan terkena derau atau berubah oleh suatu keadaan.

2.9.2. Faktor Bobot

Bobot merupakan suatu nilai yang mendefinisikan tingkat atau kepentingan hubungan antara suatu node dengan node yang lain. Semakin besar bobot suatu hubungan menandakan semakin pentingnya hubungan kedua node tersebut.

Bobot merupakan suatu hubungan berupa bilangan real maupun integer, tergantung dari jenis permasalahan dan model yang digunakan. Bobot-bobot tersebut bisa ditentukan untuk berada di dalam interval tertentu. selama proses pelatihan, bobot tersebut dapat menyesuaikan dengan pola-pola input.

Jaringan dengan sendirinya akan memperbaiki diri terus-menerus karena adanya kemampuan untuk belajar. Setiap ada suatu masalah baru, jaringan dapat belajar dari masalah baru tersebut, yaitu dengan mengatur kembali nilai bobot untuk menyesuaikan karakter nilai.

2.9.3. Fungsi Pengaktifan

Setiap neuron mempunyai keadaan internal yang disebut level pengaktifan atau level aktivitas yang merupakan fungsi input yang diterima. Secara tipikal suatu neuron mengirimkan aktivitasnya ke beberapa neuron lain sebagai sinyal. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa neuron hanya dapat mengirimkan satu sinyal sesaat, walaupun sinyal tersebut dapat dipancarkan ke beberapa neuron yang lain.

Ada beberapa pilihan fungsi pengaktifan yang digunakan dalam metode *backpropagation*, seperti fungsi sigmoid biner, dan sigmoid bipolar. Karakteristik yang harus dimiliki fungsi pengaktifan tersebut adalah kontinyu, diferensiabel, dan tidak menurun secara monoton. Fungsi pengaktifan diharapkan dapat mendekati nilai-nilai maksimum dan minimum secara baik. Fungsi pengaktifan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah fungsi sigmoid biner

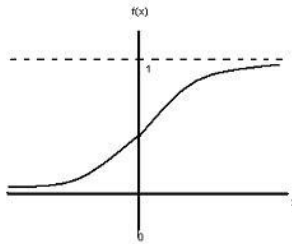
Fungsi ini digunakan untuk neural network yang dilatih dengan menggunakan metode *backpropagation*. Fungsi sigmoid biner memiliki nilai pada range 0 sampai 1. Fungsi ini sering digunakan untuk neural network yang membutuhkan nilai output yang terletak pada interval 0 sampai 1. Definisi fungsi sigmoid biner adalah sebagai berikut:

$$f_1(x) = \frac{1}{(1+e^{-x})} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan turunan:

$$f_1'(x) = f_1(x)(1 - f_1(x)) \dots\dots\dots (2.2)$$

Berikut ini adalah bentuk grafik dari fungsi sigmoid biner:



Gambar 2. 11 Fungsi Sigmoid Biner

2.9.4. Model Neural Network Backpropagation

Pelatihan pada neural network *backpropagation*, *feedforward* (umpan maju) dilakukan dalam rangka perhitungan bobot sehingga pada akhir pelatihan akan diperoleh bobot-bobot yang baik. Selama proses pelatihan, bobot-bobot diatur secara iteratif untuk meminimalkan *error* (kesalahan) yang terjadi. *Error* (kesalahan) dihitung berdasarkan rata-rata kuadrat kesalahan (MSE). Rata-rata kuadrat kesalahan juga dijadikan dasar perhitungan untuk kerja fungsi pengaktifan. Sebagian besar pelatihan untuk jaringan *feedforward* (umpan maju) menggunakan gradien dari fungsi pengaktifan untuk menentukan bagaimana mengatur bobot-bobot dalam rangka meminimalkan kinerja. Gradien ini ditentukan dengan menggunakan suatu teknik yang disebut *backpropagation*.

Algoritma pelatihan standar *backpropagation* akan menggerakkan bobot dengan arah gradien negatif. Prinsip dasar dari algoritma *backpropagation* adalah *memperbaiki* bobot-bobot jaringan dengan arah yang membuat fungsi pengaktifan menjadi turun dengan cepat.

Pelatihan *backpropagation* meliputi 3 tahapan di bawah ini.

2.9.5.1. Propagasi Maju

Pola masukan dihitung maju mulai dari *input layer* hingga *output layer* menggunakan fungsi pengaktifan yang ditentukan.

Tahap 1 :

Masing-masing unit hidden layer dikalikan weight dan dijumlahkan dengan threshold:

$$Z_in_j = Vo_j + \sum_{i=1}^n X_i V_{ij} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dihitung dengan fungsi pengaktifan:

$$Z_j = f(Z_in_j) \dots\dots\dots (2.6)$$

Kemudian dihitung pada fungsi sigmoid yang bentuk fungsinya adalah :

$$Z_j = \frac{1}{1+exp^{(-z_in_j)}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Sinyal keluaran dari fungsi pengaktifan tersebut dikirimkan ke semua unit di *output layer*.

Tahap 2 :

Masing-masing *output layer* dikalikan dengan *weight* serta ditambah dengan *threshold*:

$$Y_in_k = Wo_k + \sum_{j=1}^p Z_j W_{jk} \dots\dots\dots (2.8)$$

Kemudian dihitung kembali sesuai dengan fungsi aktifasi :

$$y_k = f(y_in_k) \dots\dots\dots (2.9)$$

2.9.5.2. *Propagasi Mundur*

Selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan yang terjadi itu dipropagasi mundur. Dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit-unit di *output layer*.

Tahap 1 :

Masing-masing *output layer* menerima pola target sesuai dengan pola masukan saat training dan dihitung errornya :

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_in_k) \dots\dots\dots (2.10)$$

Karena $f'(y_in_k) = y_k$ menggunakan fungsi sigmoid, maka :

$$\begin{aligned} f'(y_in_k) &= f(y_in_k)(1 - f(y_in_k)) \dots\dots\dots (2.11) \\ &= y_k(1 - y_k) \end{aligned}$$

Menghitung perbaikan weight (kemudian untuk memperbaiki W_{jk})

$$\Delta W_{jk} = \alpha \cdot \partial_k \cdot Z_j \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Menghitung perbaikan koreksi :

$$\Delta W_{ok} = \alpha \cdot \partial_k \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Dan menggunakan nilai delta (d_k) pada semua layer sebelumnya.

Tahap 2 :

Masing-masing weight yang menghubungkan output layer dengan hidden layer dikalikan delta (d_k) dan dijumlahkan sebagai masukan untuk layer berikutnya :

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Selanjutnya dikalikan dengan turunan fungsi aktivasi untuk menghitung error.

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(y_{in_j}) \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Langkah berikutnya menghitung perbaikan weight :

$$\Delta V_{ij} = \alpha \delta_j X_i \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Kemudian menghitung perbaikan threshold :

$$\Delta V_{oj} = \alpha \delta_j \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

2.9.5.3. *Perubahan Bobot*

Modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi. Ketiga fase tersebut diulang-ulang terus hingga kondisi penghentian dipenuhi.

Tahap 1 :

Masing-masing output layer diperbaiki threshold dan weight :

$$W_{jk}(baru) = W_{jk}(lama) + \Delta W_{jk} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

Masing-masing hidden layer diperbaiki threshold dan weight :

$$V_{jk}(baru) = V_{jk}(lama) + \Delta V_{jk} \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

- X_i : nilai aktivasi dari unit X_i
- Z_j : unit ke-j pada hidden layer
- Z_{in_j} : output untuk unit Z_j
- Y_k : unit ke-k pada output layer
- Y_{in_k} : output untuk unit Y
- y_k : nilai aktivasi dari unit Y_k

W_{ok}	: nilai weight pada threshold untuk unit Y_k
W_{kj}	: nilai weight dari Z_{ij} ke unit Y_k
ΔW_{kj}	: selisih antara $W_{kj}(t)$ dengan $W_{kj}(t+1)$
V_{jo}	: nilai weight pada threshold untuk unit Z_j
V_{ij}	: nilai weight dari unit X_i ke unit Z_j
ΔV_{ij}	: selisih antara $V_{ij}(t)$ dengan $V_{ij}(t+1)$
δ_k	: faktor pengendali nilai w pada output layer
δ_j	: faktor pengendali nilai w pada hidden layer
α	: konstanta laju training

2.10 Light-Emitting Diode

Light-emitting diode (LED) adalah suatu semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren ketika diberi tegangan maju. Gejala ini termasuk bentuk elektroluminesensi. Warna yang dihasilkan bergantung pada bahan semikonduktor yang dipakai, dan bisa juga ultraviolet dekat atau inframerah dekat.

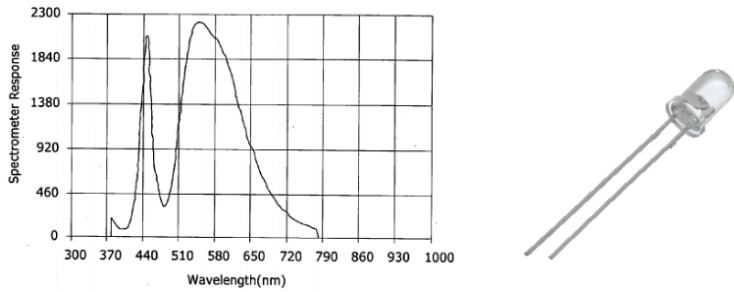
Sebuah LED adalah sejenis diode semikonduktor istimewa. Seperti sebuah diode normal, LED terdiri dari sebuah chip bahan semikonduktor yang diisi penuh, atau di-dop, dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut p-n junction. Pembawa-muatan - elektron dan lubang mengalir ke junction dari elektrode dengan voltase berbeda. Ketika elektron bertemu dengan lubang, dia jatuh ke tingkat energi yang lebih rendah, dan melepaskan energi dalam bentuk foton.

LED dengan cahaya putih sekarang ini mayoritas dibuat dengan cara melapisi substrat galium nitrida (GaN) dengan fosfor kuning. Karena warna kuning merangsang penerima warna merah dan hijau di mata manusia, kombinasi antara warna kuning dari fosfor dan warna biru dari substrat akan memberikan kesan warna putih bagi mata manusia.

LED putih juga dapat dibuat dengan cara melapisi fosfor biru, merah dan hijau di substrat ultraviolet dekat yang lebih kurang sama dengan cara kerja lampu fluoresen. [12]

Metode terbaru untuk menciptakan cahaya putih dari LED adalah dengan tidak menggunakan fosfor sama sekali melainkan menggunakan substrat seng selenida yang dapat memancarkan cahaya biru dari area aktif dan cahaya kuning dari substrat itu sendiri.

Pada gambar 2.13 ditampilkan bentuk fisik dari LED putih dan spektrum warnanya



Gambar 2. 12 Bentuk fisik dari LED putih (kanan) dan spektrum warnanya (kiri)
[19]

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

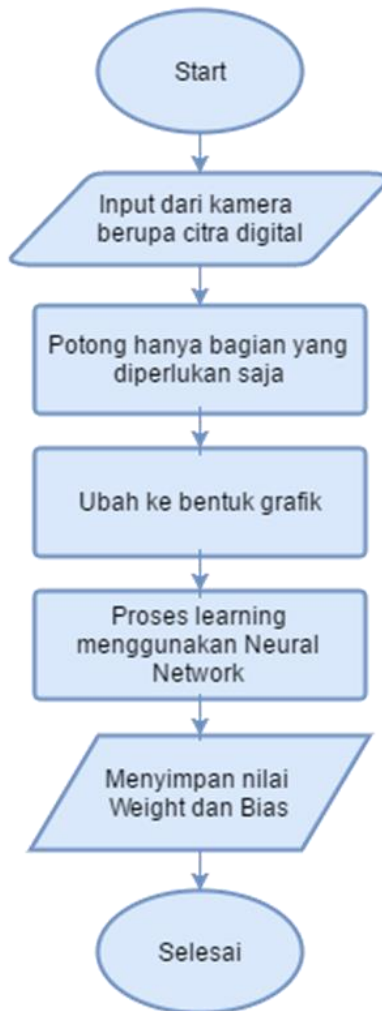
Bab perancangan sistem ini menjelaskan sistem secara keseluruhan dan desain dari tiap-tiap blok yang ada. Sistem yang dirancang pada tugas akhir ini menggunakan sebuah *Single Board Computer* berupa *Raspberry Pi 2* model B yang dihubungkan dengan modul kamera.

Alat pada tugas akhir ini dibuat sesederhana mungkin. Dengan ukuran *Raspberry Pi* yang kecil ini memungkinkan alat menjadi kecil dan lebih portabel.

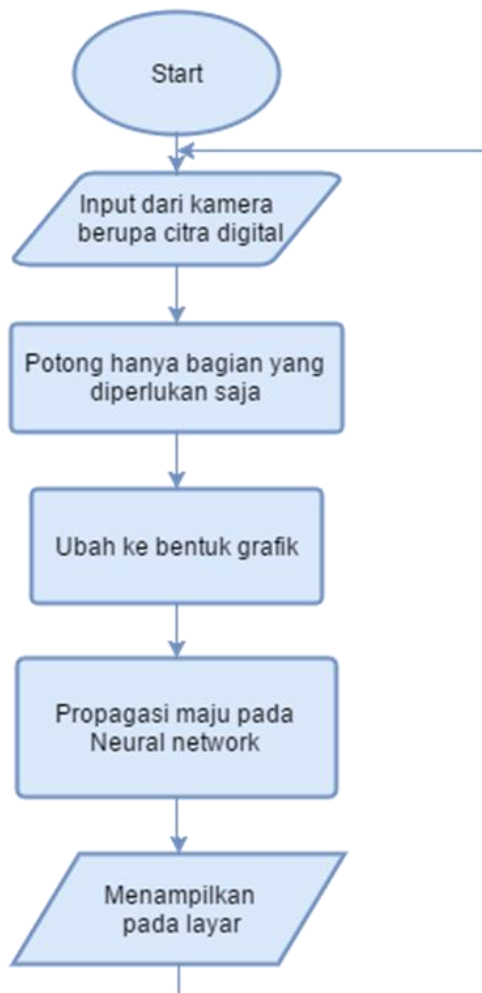
3.1 Diagram Blok Sistem

Secara umum sistem menggunakan 2 mode, yaitu learning dan identifikasi. Pada saat learning dilakukan menggunakan PC dan software MATLAB dengan alur sesuai dengan gambar 3.1. Awalnya pengambilan data berupa gambar. Kemudian gambar tersebut dipotong agar hanya bagian yang diperlukan saja yang diolah. Setelah itu gambar hasil potongan tersebut diubah menjadi grafik kecerahan. Dari nilai grafik kecerahan inilah yang akan menjadi masukan dari jaringan saraf tiruan. Pada jaringan saraf tiruan, dilakukan proses pembelajaran sampai mendapatkan nilai *weight* dengan error yang kecil. Nilai *weight* itulah yang disimpan untuk digunakan pada *Raspberry Pi*.

Setelah didapatkan nilai *weight* yang dibutuhkan, nilai tersebut dipindahkan ke *Raspberry Pi* untuk selanjutnya digunakan dalam propagasi maju pada Neural Network. Hasil propagasi maju tersebut kemudian ditampilkan pada layar jenis batu mulia yang terdeteksi.



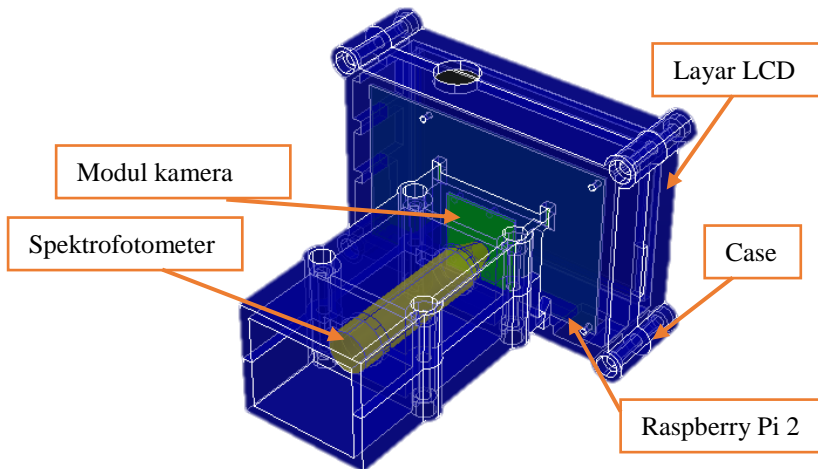
Gambar 3. 1 Alur program saat learning



Gambar 3. 2 Alur program pada Raspberry Pi

3.2 Penyusunan Perangkat Keras

Perangkat keras terdiri dari beberapa komponen yang disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu kesatuan alat. Perangkat keras terdiri dari layar LCD, *Raspberry Pi*, modul kamera, spektrofotometer, dan *case* atau penutupnya. Seluruh perangkat keras tersebut kemudian disusun sesuai dengan gambar 3.8. Awalnya objek dilihat menggunakan spektrofotometer, menghasilkan bentuk visual berupa spektrum warna. Kemudian spektrum warna tersebut diambil dengan cara memotretnya menggunakan kamera. Setelah gambar diambil dan diproses secara elektrik maka ditampilkan grafik pada layar. Maka seluruh perangkat keras disusun dan diberi pelindung.



Gambar 3. 3 Rancangan bentuk perangkat keras secara 3 dimensi

3.2.1. Modul kamera

Modul ini berfungsi mengubah data dari cahaya optik menjadi citra digital yang dapat diproses pada *Raspberry Pi*. Modul kamera yang digunakan adalah modul *Raspberry Pi* Camera Module (C) Fixed Focus yang diproduksi oleh Waveshare. Spesifikasi kamera ini adalah sebagai berikut:

- Dapat digunakan untuk semua tipe *Raspberry Pi*.

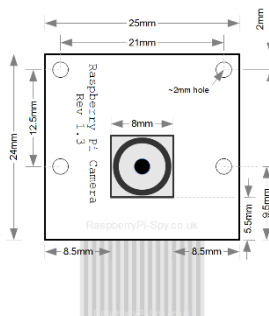
- Menggunakan sensor kamera OV5647 Fixed-focus dengan resolusi 5MP.
- Resolusi gambar: 2592×1944 .
- Resolusi video: 1080p @30fps, 720p @60fps dan 640x480p @60/90fps
- Dimensi: 25mm x 24mm x 9mm

Modul *Raspberry Pi* Camera ini menggunakan kabel strip sebagai alat komunikasi dengan *Raspberry Pi*. Kabel ini memiliki 15 jalur dengan konfigurasi pin sebagai berikut:

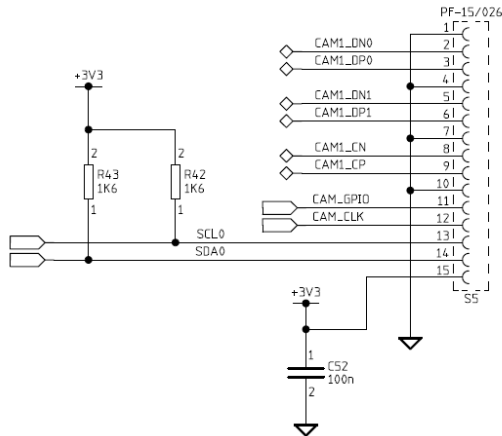
Cara kerja dari kamera *Raspberry Pi* adalah menggunakan *Camera Serial Interface* (CSI). *Raspberry Pi* mengkonversi data 2-bit paralel menjadi dua *sub-low-voltage differential signaling* (SubLVDS) data serial dan *clock output*. Sementara itu data yang sudah diserialkan kemudian dipresentasikan dalam perbedaan data serial *output* (DOUT) dengan perbedaan sinyal *clock* pada *output* (CLK). Dimana frekuensi CLK adalah 8x dari *input* DCLK *clockrate* piksel.

Pin CAM1_CN dan CAM1_CP pada gambar 3.5 menyediakan pulsa *clock* untuk jalur data MIPI untuk kamera pertama. Pin tersebut terhubung ke MIPI *Clock Positive* (MCP) dan MIPI *Clock Negative* (MCN) pin dari kamera IC. Sinyal *clock* ini biasanya datang dari modul kamera yang dihasilkan oleh sirkuit MIPI.

Pin CAM1_DN0 dan CAM1_DP0 adalah MIPI data Positif (MDP), dan MIPI data negatif (MDN) pin untuk jalur data yang 0 kamera 1.



Gambar 3. 4 Dimensi PiCamera



Gambar 3. 5 Pin modul kamera CSI

Pin CAM1_DN1 dan CAM1_DP1 adalah MIPI data Positif (MDP), dan MIPI data negatif (MDN) pin untuk jalur data yang 1 kamera 1.

Pin SCL0 dan SDA0 adalah serial bus kecil yang terdiri dari pin SCL dan SDA memfasilitasi komunikasi serial, yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol fungsi kamera seperti memilih resolusi. pin ini terhubung langsung ke antarmuka SCCB budak di dalam kamera IC.

SCL pin menyediakan interface serial masukan clock standar, dan SDA standar interface serial untuk data I / O.

Untuk menggunakan kamera ini cukup colokkan pada *port* picamera yang ada di *Raspberry Pi*. Kemudian di *install software* agar dapat mengakses kamera dengan *Raspberry Pi*. Untuk proses penginstalan kamera, diketikkan perintah pada Terminal di OS Raspbian:

```
apt-get update
apt-get upgrade
```

Kemudian membuka konfigurasi *Raspberry Pi* dari Terminal:

```
sudo raspi-config
```




Gambar 3. 6 Instalasi kamera pada Raspberry Pi

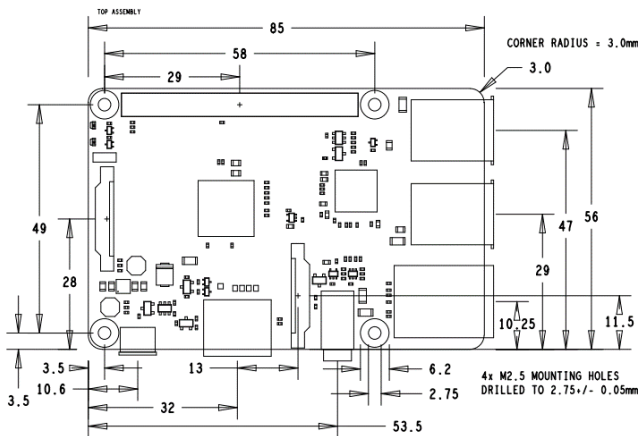
Lalu akan muncul jendela untuk menyalakan kamera pada *slot Raspberry Pi*.

Agar dapat digunakan pada Python, maka diperlukan library, maka diinstall:

```
sudo apt-get install python-picamera
```

3.2.2. *Raspberry Pi*

Dalam perancangan sistem yang mengidentifikasi jenis batu mulia ini, *Raspberry Pi* berfungsi sebagai penghubung dari semua sistem dan sebagai sumber komputasi. Data yang dibutuhkan diambil menggunakan modul kamera PiCamera



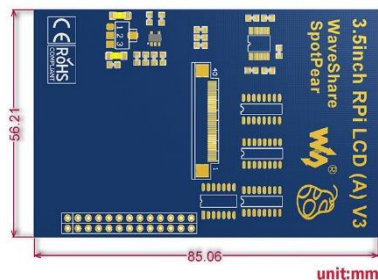
Gambar 3. 7 Dimensi Raspberry Pi

kemudian diolah menggunakan *software* Python dengan tambahan *library* OpenCV. Hasil dari pengolahan data ini akan ditampilkan pada layar.

3.2.3. Layar LCD *Raspberry Pi*

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan di berbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. LCD yang digunakan ini adalah LCD khusus untuk *Raspberry Pi*. Fitur yang tersedia pada LCD ini antara lain:

- Resolusi 320×480
- Kendali sentuh resistif
- Dapat digunakan di segala jenis *Raspberry Pi*
- Tersedia driver (dapat digunakan pada OS Raspbian dan Ubuntu)
- Ukurannya sangat cocok dengan Pi
- Dilapisi dengan plat emas kualitas tinggi
- Dimensi hampir sama dengan *Raspberry Pi* 2, tertera pada gambar 3.8



Gambar 3. 8 Tampilan console pada RPi LCD 3.5 inch

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak semuanya terintegrasi ke dalam *Raspberry Pi* sebagai Single Board Computer. Proses yang dilakukan mulai dari pembacaan kamera, mengidentifikasi jenis

batu mulia, hingga penampilannya pada layar dilakukan dalam satu prosesor *Raspberry Pi* itu sendiri.

3.3.1. Python pada *Raspberry Pi*

Python adalah bahasa pemrograman interpretatif multiguna dengan filosofi perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode. Python diklaim sebagai bahasa yang menggabungkan kapabilitas, kemampuan, dengan sintaksis kode yang sangat jelas, dan dilengkapi dengan fungsionalitas *library* standar yang besar serta komprehensif.

Sesuai kemampuan bahasa pemrograman Python yang luas, dan juga mencakup *library* OpenCV, maka Python adalah bahasa pemrograman yang cocok untuk digunakan pada Raspberry.

3.3.2. Pengambilan gambar

Untuk mengolah gambar pada Raspberry Pi menggunakan software Python dan OpenCV sebagai *library*-nya. Kemudian program yang digunakan agar gambar dapat tersimpan di folder ‘images’ dengan nama file c1.png adalah sebagai berikut:

```
import numpy as np
import cv2

cap = cv2.VideoCapture(0)
ret, frame = cap.read()

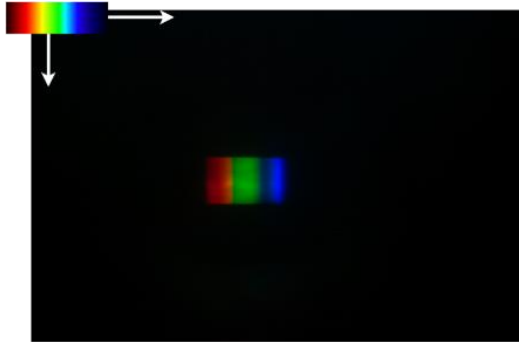
while(True):
    cv2.imshow('img1', frame)
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('y'):
        cv2.imwrite('images/c1.png', frame)
        cv2.destroyAllWindows()
        break

cap.release()
```

Bentuk gambar yang sudah diambil tersebut tersimpan dalam variabel ‘frame’ dalam bentuk matriks 2 dimensi.

3.3.3. Template Matching

Pada tugas akhir ini ditentukan resolusi *template* sebesar 200 x 62 sehingga pada saat pengambilan data akan tepat menjadi 200 data.



Gambar 3. 9 Gambar *template* yang digeser pada gambar asalnya

Fungsi dari penggunaan *template matching* disini adalah agar pengambilan titik piksel yang dibutuhkan dapat lebih disederhanakan lagi dan dibuat sama lebarnya, yaitu 200 x 62 piksel. *Template matching* ini sama sekali tidak mengubah data yang telah diambil karena setelah menemukan titik yang tepat, maka gambar akan dipotong, kemudian hasil potongan gambar tersebut yang digunakan sebagai input pada proses selanjutnya.

3.3.4. Pemotongan gambar dan akses nilai *pixel*

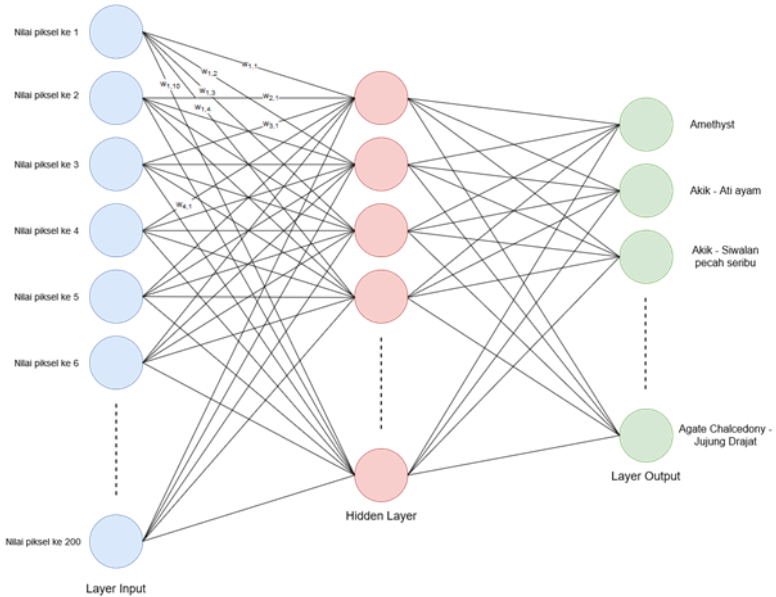
Sistem gambar sebenarnya sama persis dengan matriks 2 dimensi. Maka untuk memotong gambar cukup dibuat matriks baru kemudian hanya diambil beberapa bagian dari matriks gambar awalnya. Rumus pengambilannya sebagai berikut:

$$Target = src[x:(x + h), y:(y + h)]$$

Dimana nilai x dan y ditentukan berdasarkan hasil lokasi dari *template matching*.

Kemudian untuk mengakses nilai pada suatu *pixel* maka cukup mengetikkan lokasi titik *pixel* pada gambar kemudian ditambah nilai warna yang mau diakses. Urutan nilai warnanya di OpenCV adalah 0 = biru, 1 = hijau, 2 = merah. Pada tugas akhir ini nilai setiap titik warna pada suatu garis horizontal

diambil kemudian dijumlahkan agar dapat menjadi suatu grafik tertentu.



Gambar 3. 10 Rancangan Jaringan saraf tiruan

3.4 Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan, disebut juga dengan *Neural Network* adalah salah satu kecerdasan buatan yang fungsinya mirip dengan neuron pada saraf manusia.

Pada tugas akhir ini rancangan *input-output* dari *neural network* menggunakan 200 *input*, 10 *hidden layer*, dan 7 *layer output*. 200 *input* merupakan jumlah *pixel* secara horizontal pada gambar spektrum yang diambil. Kemudian untuk 7 *layer output* merupakan jumlah batuan yang dapat diidentifikasi. Pada setiap *layer* ke *layer* yang lain memiliki nilai *weight* sendiri yang mana nilai ini fungsinya sebagai penghubung antar neuron.

3.4.1. Propagasi Maju

Selama propagasi maju, sinyal masukan (*SetInput*) dipropagasikan ke layar tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Keluaran dari setiap unit layar tersembunyi akan dipropagasikan lagi ke layar output yang kemudian keluar hasilnya. Rumus yang digunakan untuk propagasi pada layar masukan ke layar tersembunyi adalah sebagai berikut:

$$v1_k = \sum_{i=0}^{200} w1_{i,k} * SetInput_{(i)}$$

$$y1_k = \frac{1}{1 + \exp(-v1_k)} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana: i = neuron pada layar input
 k = neuron pada layar tersembunyi

Kemudian untuk layar tersembunyi ke layar output menggunakan rumus berikut:

$$v2_k = \sum_{i=0}^{10} w2_{i,k} * y1_{(i)}$$

$$y2_k = \frac{1}{1 + \exp(-v2_k)} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana: i = neuron pada layar tersembunyi
 k = neuron pada layar output

Nilai *w1* dan *w2* pada awalnya adalah random. Kemudian diambil pengurangan nilai output *y2* oleh target (*T*).

3.4.2. Propagasi Mundur

Selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan yang terjadi itu dipropagasi mundur. Dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit-unit di *output layer*.

Untuk mencari nilai propagasi mundur pada layar tersembunyi (do) menggunakan rumus berikut:

$$o_j = \sum_{i=0}^7 y1_i * w2_{j,i}$$

$$do_j = \left(\frac{1}{1 + \exp(o_j)} \times \left(1 - \frac{1}{1 + \exp(o_j)} \right) \right) \times (T_j - y2_j)$$

..... (3.3)

Dimana: i = neuron pada layar tersembunyi
 j = neuron pada layar output

Kemudian untuk layar tersembunyi ke layar input menggunakan rumus sebagai berikut:

$$p_j = \sum_{h=0}^{10} do_h * w2_{j,h}$$

$$q_j = \sum_{i=0}^{10} SetInput_i * w1_{j,i}$$

$$do_j = \left(\frac{1}{1 + \exp(q_j)} \times \left(1 - \frac{1}{1 + \exp(q_j)} \right) \right) \times (p_j)$$

..... (3.4)

Dimana: h = neuron pada layar input
 i = neuron pada layar tersembunyi
 j = neuron pada layar output

3.4.3. Perbarui Nilai Weight

Nilai *weight* pada awalnya merupakan nilai random. Dapat dipastikan bahwa output-nya pasti tidak sesuai. Untuk itu nilai *weight* perlu diperbarui agar nilainya makin lama makin sesuai. Berikut adalah rumus untuk memperbarui nilai *weight*:

$$w2_{i,j} \text{ baru} = w2_{i,j} + \mu \times do_j \times y1_i$$

..... (3.5)

Dimana: i = neuron pada layar tersembunyi
 j = neuron pada layar output

$$w1_{i,j} \text{ baru} = w1_{i,j} + \mu \times dh_j \times SetInput_i \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana: i = neuron pada layar input
 j = neuron pada layar tersembunyi

Nilai *weight* *w1* dan *w2* yang baru tersebut akan menggantikan nilai *weight* yang lama. Kemudian proses ini kembali ke propagasi maju dan diulang terus hingga error toleransinya lebih kecil dari 10^{-3} .

3.5 Kalibrasi spektrofotometer

Pada hasil gambar yang diambil menggunakan kamera melewati spektrofotometer tidak ada keterangan mengenai komposisi panjang gelombang pada spektrum. Untuk itu diperlukan kalibrasi titik panjang gelombang yang sesuai standar. Salah satu cara kalibrasi yang dapat dilakukan adalah menggunakan laser sebagai acuan panjang gelombang yang sudah tepat. Laser yang akan digunakan adalah 3 buah laser <5mW Class III buatan China berwarna merah, hijau, dan ungu dengan panjang gelombang masing-masing 664 nm, 530 nm, dan 382 nm.



Gambar 3. 11 Bentuk fisik laser Class III

Laser digunakan dengan cara dipancarkan pada suatu titik. Kemudian oleh kamera diambil gambarnya setelah melewati

spektrofotometer. Nilai spektrum tersebut yang nantinya dijadikan acuan panjang gelombangnya.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB IV

PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN SISTEM

Bab ini membahas tentang perancangan sistem yang sudah dirancang, dimana hasil rancangan sistem tersebut akan diuji dan dibahas. Cara pengujian dan pembahasan pada bab ini adalah dengan membahas tiap blok dari perancangan sistem secara keseluruhan dengan disertai tabel dan gambar yang mendukung pengujian dan pembahasan.

4.1. Pengujian Spektrofotometer berdasarkan Warna

Proses pengujian Spektrofotometer dilakukan untuk menguji spektrum warna yang dihasilkan bergantung pada input warna cahaya yang masuk pada spektrofotometer. Pada spektrum warna cahaya tampak, gelombang cahaya terendah adalah warna violet, biru, hijau, kuning, oranye, kemudian baru merah. Pengujian spektrofotometer berdasarkan warna ini menggunakan layar laptop sebagai penampil warna. Pemilihan layar laptop sebagai penampil karena layar laptop memiliki komposisi warna yang hampir rata untuk setiap panjang gelombang yang kasat mata. Hasil pengujiannya tertera pada tabel 2.

4.2. Pengujian deteksi dan pemotongan objek menggunakan OpenCV







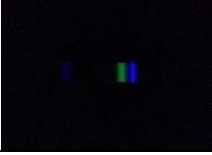
Deteksi objek dan *auto-cropping* ini berfungsi agar memudahkan dalam pengambilan data spektrum. Pada pengambilan gambar kamera pada spektrofotometer, ukuran spektrum yang ditampilkan sangat kecil. Untuk itu diperlukan pemotongan bagian yang tidak diperlukan untuk memperkecil area pengambilan data.

Pemotongan bagian spektrum menggunakan sebuah template suatu spektrum warna penuh agar mempermudah penentuan letak spektrum warna pada gambar. Template yang digunakan tertera pada gambar 4.1.
















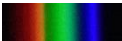
Gambar 4. 1 Gambar spektrum yang digunakan sebagai template

Tabel 2 Pengujian spektrofotometer terhadap warna dasar

Warna pada layar laptop			Spektrum warna pada spektrofotometer		
Hex: #	<input type="text" value="000000"/>				
Red:	<input type="text" value="0"/>				
Green:	<input type="text" value="0"/>				
Blue:	<input type="text" value="0"/>				
Hex: #	<input type="text" value="FFFFFF"/>				
Red:	<input type="text" value="255"/>				
Green:	<input type="text" value="255"/>				
Blue:	<input type="text" value="255"/>				
Hex: #	<input type="text" value="FF0000"/>				
Red:	<input type="text" value="255"/>				
Green:	<input type="text" value="0"/>				
Blue:	<input type="text" value="0"/>				
Hex: #	<input type="text" value="00FF00"/>				
Red:	<input type="text" value="0"/>				
Green:	<input type="text" value="255"/>				
Blue:	<input type="text" value="0"/>				
Hex: #	<input type="text" value="0000FF"/>				
Red:	<input type="text" value="0"/>				
Green:	<input type="text" value="0"/>				
Blue:	<input type="text" value="255"/>				

Gambar template yang digunakan dibutuhkan untuk menggunakan fungsi 'cv2.matchTemplate' pada OpenCV yang gunanya untuk menentukan lokasi gambar. Berikut hasil pengujian pemotongan gambar pada tabel 3.

Tabel 3 Uji pemotongan gambar secara otomatis

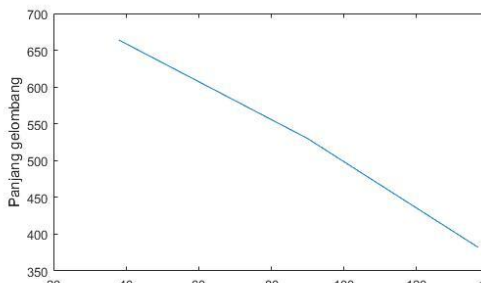
Gambar asli			Gambar hasil pemotongan otomatis
			
			
			
			
			
			
			

Dari sampel hasil pemotongan untuk 7 gambar pada tabel 3 didapatkan hasil spektrum yang terpotong semuanya sesuai dengan yang dibutuhkan untuk dideteksi. Hal ini karena berdasarkan gambar yang terpotong adalah gambar spektrum warnanya dan bukan bagian lain yang dideteksi.

4.3. Pengujian kalibrasi panjang gelombang spektrum

Pada dinding putih ditembakkan sinar LED dan sinar dari laser sebagai acuan untuk menentukan panjang gelombang spektrum secara keseluruhan. Berikut hasil pengambilan gambar spektrum setelah disinari laser 664 nm, 530 nm, 382 nm dan grafiknya pada tabel 4.

Pada laser hijau 530 nm, pancaran nilai tertinggi terdapat pada titik 90. Maka diasumsikan nilai 90 adalah panjang gelombang 530 nm. Kemudian pada laser ungu 382 nm, pancaran nilai tertinggi terdapat pada titik 137. Maka diasumsikan nilai 137 adalah panjang gelombang 382 nm. Lalu pada laser ungu 664 nm, pancaran nilai tertinggi terdapat pada titik 38. Maka diasumsikan nilai 38 adalah panjang gelombang 530 nm. Jika ketiga nilai titik piksel dan panjang gelombang dihubungkan akan didapatkan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 2 Perbandingan nilai titik piksel terhadap panjang gelombang

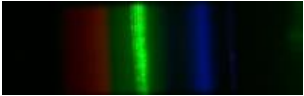
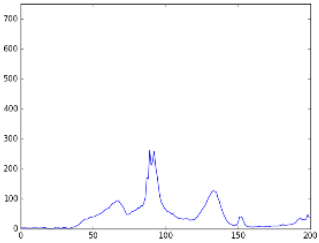

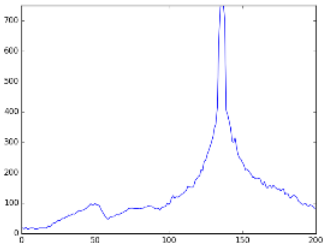

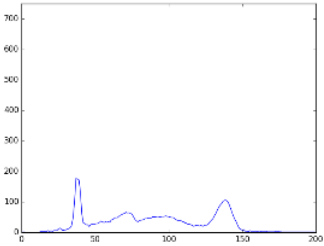
Dari grafik pada gambar 4.2 jika digunakan persamaan linear sederhana maka akan didapatkan nilai panjang gelombang berdasarkan titik piksel adalah sebagai berikut:

$$y = -(2.8485x - 772.2424) \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana: y = nilai panjang gelombang
 x = nilai letak titik piksel


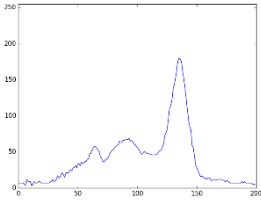

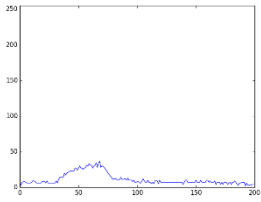

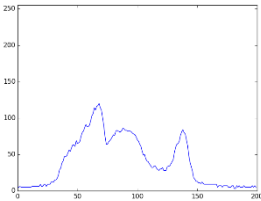

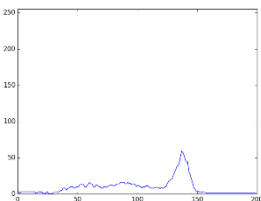
Maka diketahui dari grafik tersebut nilai panjang gelombangnya adalah dari 769 nm – 203 nm secara menurun.

Tabel 4 Kalibrasi panjang gelombang dengan menggunakan laser

Bentuk Spektrum	Bentuk Grafik
<p>Laser hijau 530 nm:</p> 	
<p>Laser ungu 382 nm:</p> 	
<p>Laser merah 664 nm:</p> 	

4.4. Pengambilan grafik dari spektrum warna

Tabel 5 Uji keluaran data spektrum berupa grafik

Spektrum warna	Data berupa grafik (769 – 203nm)
	
	
	
	

Pada gambar spektrum warna yang sudah ada, diambil data dari beberapa titik *pixel* saja sebagai representasi keseluruhan spektrum. Spektrum warna keluaran dari spektrofotometer sama

warnanya secara vertikal. Untuk itu cukup dibutuhkan salah satu garis saja sudah merepresentasikan keseluruhan spektrum. Hasil pengambilan data grafik yang di konversi dari bentuk gambar ditampilkan pada tabel 5.

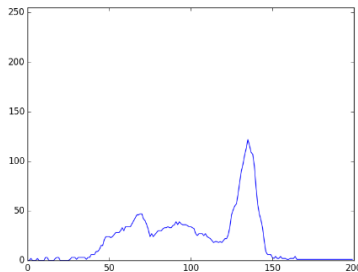
Grafik yang ditampilkan berupa *array* atau matriks 1 dimensi. Dalam matriks itu merepresentasikan nilai data pada setiap posisinya berurutan.

4.5. Pembelajaran Neural Network

Pada neural network dibutuhkan input berupa sample data yang akan dipelajari. Dari data tersebut dimasukkan rumus agar mendapat nilai *weight* yang diperlukan. Ketika nilai *weight* sudah didapatkan maka untuk selanjutnya cukup menjalani proses forward bias dari benda yang akan diuji.

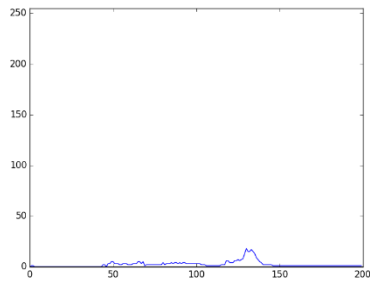
Batu yang digunakan sebagai sampel ada 7 jenis batu dan setiap batu diambil 2 kali pengambilan data. Batu yang diambil sampelnya adalah batu Amethyst, batu akik jenis ati ayam, batu akik jenis siwalan pecah seribu, batu akik jenis ijo lumut, batu Agate Chalcedony jenis merah, batu Agate Chalcedony jenis madu banyumili, dan batu Agate Chalcedony jenis ujung derajat. Berikut grafik berdasarkan komposisi spektrum warna yang dihasilkan saat pengambilan data:

1. Batu amethyst (769 – 203nm)



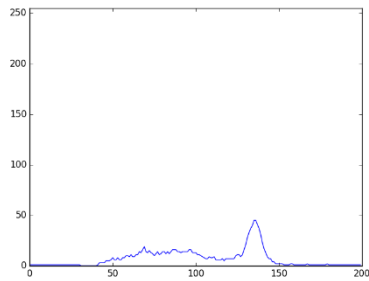
Gambar 4. 3 Grafik spektrum pada batu Amethyst

2. Batu akik – ati ayam (769 – 203nm)



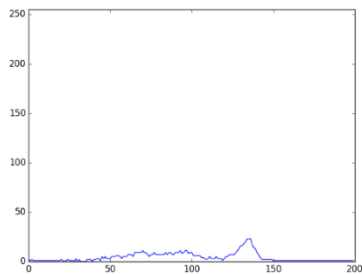
Gambar 4. 4 Grafik spektrum pada batu Akik - Ati ayam

3. Batu akik – siwalan pecah seribu (769 – 203nm)



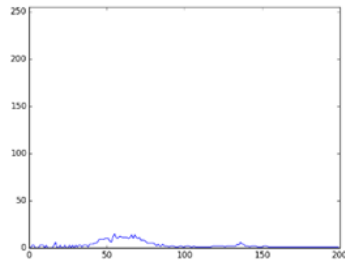
Gambar 4. 5 Grafik spektrum pada batu Akik - Siwalan pecah seribu

4. Batu akik – ijo lumut (769 – 203nm)



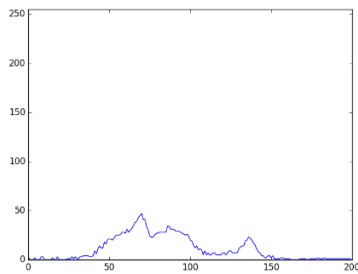
Gambar 4. 6 Grafik spektrum pada batu Akik - Ijo lumut

5. Batu Agate Chalcedony – Merah (769 – 203nm)



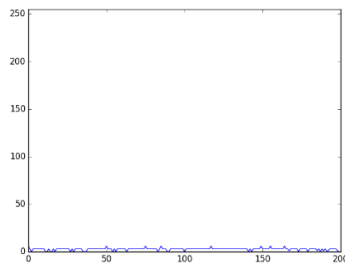
Gambar 4. 7 Grafik spektrum pada batu Agate Chalcedony - Merah

6. Batu Agate Chalcedony – Madu Banyumili (769 – 203nm)

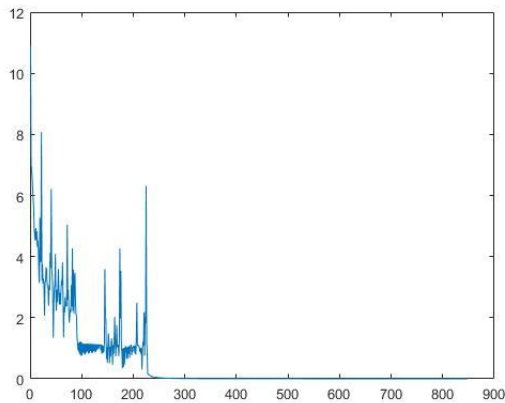


Gambar 4. 8 Grafik spektrum pada batu Agate Chalcedony - Madu Banyumili

7. Batu Agate Chalcedony – Jujung Drajat (769 – 203nm)



Gambar 4. 9 Grafik spektrum pada batu Agate Chalcedony - Madu Banyumili



Gambar 4. 10 Grafik error output per iterasi

Nilai grafik batu di atas sebagai nilai input yang akan diperlukan untuk proses learning. Setelah dilakukan proses propagasi maju, propagasi mundur, update nilai *weight* secara berulang-ulang didapatkan nilai error yang kurang dari 10^{-3} . Nilai *weight* inilah yang akan digunakan sebagai propagasi maju pada deteksi batu mulia menggunakan *Raspberry Pi*. Nilai error per iterasi ditampilkan pada gambar 4.10.

4.6. Pendeteksian jenis-jenis batu

Tabel 6 Rasio ketepatan deteksi batu mulia

Jenis Batu	Jumlah percobaan deteksi	Rasio ketepatan
Amethyst	20	85%
Akik – Siwalan Pecah 1000	20	70%
Agate Chalcedony - Merah	20	95%
Agate Chalcedony - Madu Banyumili	20	85%
Agate Chalcedony - Jujung Drajat	20	95%

Dari data tabel 6 dapat diperoleh bahwa rata-rata ketepatan untuk semua batu adalah 86%.

4.7. Penggunaan daya

Berikut adalah arus yang dibutuhkan untuk menyalakan komponen yang diperlukan pada alat identifikasi jenis-jenis batu mulia.

Tabel 7 Arus yang digunakan pada setiap komponen

Nama	Penggunaan arus (mA)
Raspberry Pi	500
Modul kamera	250
Layar LCD	115
4 buah LED	4 x 20
Total	945

Tegangan yang digunakan pada semua komponen adalah 5 Volt. Maka jika didapatkan total arus yang digunakan adalah 945 miliampere, maka daya yang digunakan dapat dicari dengan rumus berikut:

$$P = V \times I$$

Dimana :
P = daya (watt)
V= tegangan (volt)
I = arus (ampere)

Jika tegangannya 5 Volt dan arus totalnya adalah 945 miliampere atau setara dengan 0.945 Ampere maka dapat ditentukan daya yang digunakan adalah 4.725 Watt.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5. 1. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan tugas akhir ini dapat disimpulkan berdasarkan hasil yang didapat adalah sebagai berikut:

- Pada pengujian spektrofotometer, warna sebuah objek yang dideteksi sangat berpengaruh terhadap hasil keluaran spektrum warna.
- Untuk mengetahui nilai panjang gelombang pada spektrum warna yang dihasilkan dapat menggunakan beberapa laser sebagai nilai panjang gelombang acuannya kemudian dilinearkan.
- Pada penggunaan *Template Matching* sebagai alat bantu untuk menentukan titik potong yang akan digunakan dari 7 sampel memiliki ketepatan 100%.
- Proses pembelajaran 7 buah batu menggunakan jaringan saraf tiruan dibutuhkan lebih dari 800 iterasi untuk mendapatkan *error* kurang dari 10^{-3} .
- Untuk hasil deteksi menggunakan jaringan saraf tiruan, pada 5 sampel batu yang diuji masing-masing memiliki rasio ketepatan deteksi rata-rata 86%.

5. 2. Saran

Pada perancangan, pembuatan, dan pengujian alat tugas akhir ini terdapat beberapa kekurangan dan disarankan pengembangan selanjutnya. Antara lain dengan menambahkan beberapa jenis batu mulia dengan tingkatan yang lebih tinggi seperti Ruby, Sapphire, Jade, dan lainnya. Kemudian untuk pencahayaan batu menggunakan sumber cahaya yang memiliki komposisi gelombang cahaya merata agar lebih mudah dideteksi berdasarkan grafik kecerahannya.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. W. Wise, "Secrets Of The Gem Trade, The Connoisseur's Guide To Precious Gemstones," Brunswick House, 2006, p. 15.
- [2] Gemological Institute of America, "Colored Stone Reports & Services Details," Gemological Institute of America Inc., 2017. [Online]. Available: <https://www.gia.edu/gem-lab-service/colored-stone-analysis-report-service>. [Diakses 13 Januari 2017].
- [3] nugielogy, "JASA IDENTIFIKASI (MEMO) BATU MULIA : Terpercaya & Terjangkau," Kaskus, 09 Maret 2010. [Online]. Available: <http://archive.kaskus.co.id/thread/3558505/0/973397339733jasa-identifikasi-memo-batu-mulia--terpercaya-amp-terjangkau973397339733>. [Diakses 23 Oktober 2016].
- [4] B. Taylor, Batuan, Mineral dan Fosil, Erlangga for Kids, 2005.
- [5] W. A. Deer, R. A. Howie dan J. Zussman, An Introduction to the Rock Forming Minerals, Logman, 1966.
- [6] R. Duda dan L. Rejl, Minerals of the World, Arch Csx, 1990.
- [7] K. E. Kalumuck, "Human body explorations: hands-on investigates of what makes us tick," no. ISBN 9780787261535, p. 74, 2000.
- [8] D. C. Giancoli, "Kisi Difraksi," dalam *Fisika Universitas*, Jakarta, Erlangga, 2001.
- [9] W. Riyadi, "Macam-macam Spektrofotometri dan Perbedaannya," vol. 1, 2009.
- [10] Anonim, "RASPBerry PI 2 MODEL B," Raspberry Pi, Februari 2015. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>. [Diakses 2 November 2016].
- [11] E. N. Rahman, M. Rivai dan Tasripan, "Sistem Identifikasi Gas Menggunakan Metode Kromatografi dan Neural Network," vol. 1, p. 3, 2013.
- [12] J. R. Biard dan G. Pittman, "Semiconductor Radiant Diode". Paten US Patent 3293513, 8 Agustus 1962.

- [13] A. Rosebrock, "Install OpenCV and Python on your Raspberry Pi 2 and B+," 23 February 2015 . [Online]. Available: <http://www.pyimagesearch.com/2015/02/23/install-opencv-and-python-on-your-raspberry-pi-2-and-b/>. [Diakses 15 Oktober 2016].
- [14] OpenCV, "Template Matching," 8 Januari 2017. [Online]. Available: http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/histograms/template_matching/template_matching.html. [Diakses 8 Januari 2017].
- [15] T. Perry dan G. C. M, "IEEE Spectrum. 32 (2): 52-55," dalam *doi:10.1109/6.343989*, 1995.
- [16] P. J. Vis, "Raspberry Pi CSI Interface Connector Pinout," [Online]. Available: https://www.petervis.com/Raspberry_PI/Raspberry_Pi_CSI/raspberry-pi-csi-interface-connector-pinout.html. [Diakses 3 Januari 2017].
- [17] Sassalina, "Reflecting on the spectrum of colours in gems can be very absorbing," 24 Februari 2012. [Online]. Available: <https://sassalina.wordpress.com/2012/02/24/reflecting-on-the-spectrum-of-colours-in-gems-can-be-very-absorbing/>. [Diakses 26 Oktober 2016].
- [18] J. Koivula dan R. W. Hughes, "Gem Testing with The Spectroscope," 2005–2006. [Online]. Available: <http://lotusgemology.com/index.php/library/articles/282-the-hand-spectroscope-for-testing-ruby-sapphire>. [Diakses 2 Januari 2017].
- [19] W.-J. Hsu, "White LED". Taipei City Paten US20060279196, 2 Juni 2005.

LAMPIRAN A

Program Learning pada MATLAB

```

clear;clc;
[pi,li] = size(SetInput);    % pi = 200px, li = jml data
for j = 1:7
    for i = 1:1
        Target = [Target; T(j,:)];
    end
end
Target = Target';
layer1 = 10;
alpha = 1;
miu = 0.1;

[pi,li] = size(SetInput);    % pi = 200px, li = jml data
[po,lo] = size(Target);
w1 = randgen(pi,layer1); w1old = w1;
w2 = randgen(layer1,po); w2old = w2;
ertot = [];s=[];ea=zeros(1,layer1);

% Forward Propagation
% f =  $\frac{1}{1 + \exp(-n)}$ 
%      1 + exp(-n)

iter=0;maxiter=3000;
disp('Start learning');

while(1)
    v1 = zeros(layer1,li); v2 = zeros(po,li);
    y1 = zeros(layer1,li); y2 = zeros(po,li);
    o = zeros(po,li); do = zeros(po,li);
    q = zeros(layer1,li);p = zeros(layer1,li);dh = zeros(layer1,li);
    for k = 1:layer1    % jumlah layer1
        for j = 1:li    % jumlah data yg ada
            for i = 1:pi    % jumlah neuron di SetInput
                v1(k,j) = v1(k,j) + w1(i,k)*SetInput(i,j);
            end
            y1(k,j) = sigm(v1(k,j));    % Act Function

```

```

    end
end

% layer1 ke out
for k = 1:po          % jumlah layer2
    for j = 1:li       % jumlah data yg ada
        for i = 1:layer1 % jumlah layer1
            v2(k,j) = v2(k,j) + w2(i,k)*v1(i,j);
        end
        y2(k,j) = sigm(v2(k,j)); % Act Function
    end
end

% do1
for j = 1:po          % Jumlah layer 2
    for i = 1:li       % Jumlah data yg ada
        for h = 1:layer1 % Jumlah layer 1
            o(j,i) = o(j,i) + y1(h,i)*w2(h,j);
        end
        do(j,i) = dsigm(o(j,i))*(Target(j,i)-y2(j,i)); % Turunan Act
Function
    end
end

for j = 1:layer1      % Jumlah layer 1
    for i = 1:li       % Jumlah data yg ada
        for h = 1:pi   % Jumlah input
            q(j,i) = q(j,i) + (SetInput(h,i)*w1(h,j));
        end
        for g = 1:po   % Jumlah layer 2
            for f = 1:lo % Jumlah data output
                p(j,i) = p(j,i) + (do(g,i)*w2(j,g));
            end
        end
        dh(j,i) = dsigm(q(j,i))*(p(j,i));
    end
end

% Update nilai w

```

```

for j=1:po          % Jumlah out
    for i=1:layer1  % Jumlah layer1
        for h=1:li  % Jumlah data yg ada
            for g=1:lo
                 $w2(i,j) = w2(i,j) + 0 + \text{miu} * \text{do}(j,h) * y1(i,h);$ 
            end
        end
    end
end

for j=1:layer1      % Jumlah layer1
    for i=1:pi       % Jumlah input
        for h=1:li   % Jumlah data yg ada
             $w1(i,j) = w1(i,j) + 0 + \text{miu} * \text{dh}(j,h) * \text{SetInput}(i,h);$ 
        end
    end
end

err = sse(y2-Target);
ertot = [ertot err];
iter =iter+1;

w2old = w2;
w1old = w1;
if mod(iter,10)==0
    disp ([iter, err]);
end

if or(0, err<1e-3)
    break;
end
end
disp([iter err]);
disp(y2);
plot(ertot);
save('w1.txt','w1','-ascii')
save('w2.txt','w2','-ascii')

```

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

LAMPIRAN B

Program pada Python

```
import math
import numpy as np
import cv2
import time

def sigm(inputan):
    y = float(1 / (1 + math.exp(-float(inputan))))
    return y

def forward(inp,w1,w2):
    w1a = len(w1)      #200
    w1b = len(w1[0])   #10
    w2a = len(w2)      #10
    w2b = len(w2[0])   #3
    v1 = np.zeros(w1b)
    y1 = np.zeros(w1b)
    v2 = np.zeros(w2b)
    y2 = np.zeros(w2b)
    o2 = np.zeros(w2b)

    for i in range(w1b):
        for j in range(w1a):
            v1[i]=v1[i] + w1[j][i]*inp[j]
        y1[i] = sigm(v1[i])

    for i in range(w2b):
        for j in range(w2a):
            v2[i] = v2[i] + w2[j][i]*v1[j]
        y2[i] = (sigm(v2[i]))
        o2[i] = round(sigm(v2[i]))
    return o2
```

```

def inputw1(direktori,ukuran):
    a,b = ukuran
    f = open(direktori,"r")
    f001 = f.readlines()
    f002=[]
    weight=np.zeros([a,b])
    for i in range(a):
        f002.append(f001[i].split(' '))
    for i in range(a):
        for j in range(1,b+1):
            f003 = f002[i][j]
            weight[i][j-1] = float(f003)
    return weight

```

```

def inputw2(direktori,ukuran):
    a,b = ukuran
    f = open(direktori,"r")
    f001 = f.readlines()
    f002=[]
    f004=np.zeros([a,b])
    weight=np.zeros([a,b])
    for i in range(a):
        f002.append(f001[i].split(' '))
    for i in range(a):
        for j in range(1,b+1):
            f003 = f002[i][j]
            weight[i][j-1] = float(f003)
    return weight

```

```

def deteksi(inputan):
    print "Jenis batu: ",
    if (inputan[0]==1):
        print "Amethyst"
    if (inputan[1]==1):
        print "Akik - Lavender"
    if (inputan[2]==1):

```



```

    print "Akik - Siwalan Pecah 1000"

def ambilgambar():
    cap = cv2.VideoCapture(0)
    time.sleep(2)

    while(1):
        _,img = cap.read()
        cv2.imshow('webcam',img)
        if cv2.waitKey(1) == 27:
            break
    cap.release()
    cv2.destroyAllWindows()
    return img

def crop(image):
    template = cv2.imread('spectrum.jpg')
    _,tsizew,tsizeh = template.shape[:-1]
    res = cv2.matchTemplate(image,template,cv2.TM_SQDIFF)
    miv,mav,mil,mal = cv2.minMaxLoc(res)
    cropped = img[mil[1]:mil[1]+int(tsizeh), mil[0]:mil[0]+int(tsizew)]
    while(1):
        cv2.imshow('cropped',cropped)
        if cv2.waitKey(1) == 27:
            break
    cv2.destroyAllWindows()
    h,w,_ = cropped.shape[:]
    w = int(w)
    for i in range(w):
        ytengah = h/2
        pixel = cropped[ytengah, i]
        setinput.append(int(pixel[0])+int(pixel[1])+int(pixel[2]))
    return setinput

img = ambilgambar()
cropped = crop(img)

```

```

for i in range(len(setinput)):
    setinput[i] = float(setinput[i]) / 255
target = [0,0,0]
layer1 = 10
li = 1
pi = len(setinput)      #200
lo = 1
po = len(target)       # 3

weight1 = inputw1("D:\Tugas\Tugas
Akhir\Program\matlab\w1.txt",[200,10])
weight2 = inputw2("D:\Tugas\Tugas
Akhir\Program\matlab\w2.txt",[10,3])

batu = forward(setinput,weight1,weight2)
deteksi(batu)

```

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Klaten pada tanggal 02 Mei 1994. Sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, penulis mengawali kegiatan pendidikan formal di TK Yayasan Pendidikan Jayawijaya di Kuala Kencana, Mimika, Papua, kemudian SD Yayasan Pendidikan Jayawijaya, yang kemudian dilanjutkan di MTs Pondok Pesantren Modern Islam Assalaam di Surakarta, SMA Negeri 1 Klaten dan pada tahun 2012 penulis diterima sebagai mahasiswa di jurusan Teknik Elektro ITS. Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif dalam kepanitiaan baik itu di lingkungan jurusan maupun di lingkungan institut. Selain itu, penulis juga turut berpartisipasi sebagai asisten praktikum di bidang studi elektronika.

Email: ichsan.application@gmail.com

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....